LEGAAT VAN

MEJUFFROUW C. A. VAN WICKEVOORT CROMMELIN

WILDHOEF

BLOEMENDAAL

1936

2 Buff 1770
BR A0063

ŒUVRES COMPLÈTES DE M. LE C.TE DE BUFFON.

INTRODUCTION À L'HISTOIRE des Minéraux.

Tome VII.

ŒUVRES COMPLÈTES

DE

M. LE C.TE DE BUFFON,

Intendant du Jardin du Roi, de l'Académie Françoise, de celle des Sciences, &c.

Tome Septième.

SUITE DE LA THÉORIE DE LA TERRE, & Introduction à l'hiſtoire des Minéraux.

A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCCLXXIV.

TABLE

TABLE

De ce qui eſt contenu dans ce Volume.

TROISIÈME MÉMOIRE. *Obſervations ſur la nature de la platine.* Page 1

QUATRIÈME MÉMOIRE. *Expériences ſur la ténacité & ſur la décompoſition du Fer* 57

CINQUIÈME MÉMOIRE. *Expériences ſur les effets de la chaleur obſcure* 98

SIXIÈME MÉMOIRE. *Expériences ſur la Lumière, & ſur la chaleur qu'elle peut produire* 141

ARTICLE I.er *Invention des Miroirs pour brûler à de grandes diſtances.* ibid.

ARTICLE II. *Réflexions sur le jugement de Descartes, au sujet des miroirs d'Archimède, &c.* 181

ARTICLE III. *Invention d'autres Miroirs pour brûler à de moindres distances* 262

EXPLICATION des Figures que représentent le fourneau, &c. 293

SEPTIÈME MÉMOIRE. *Observations sur les couleurs accidentelles, & sur les ombres colorées* 309

TABLE des Matières. page j *& suiv.*

HISTOIRE NATURELLE.

INTRODUCTION À L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

TROISIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS sur la nature de la PLATINE.

ON vient de voir que de toutes les ſubſtances minérales que j'ai miſes à l'épreuve, ce ne ſont pas les plus denſes, mais les moins fuſibles auxquelles il faut le plus de temps pour recevoir & perdre

la chaleur ; le fer & l'émeril qui ſont les matières métalliques les plus difficiles à fondre, ſont en même temps celles qui s'échauffent & ſe refroidiſſent le plus lentement. Il n'y a dans la Nature que la platine qui pourroit être encore moins acceſſible à la chaleur, & qui la conſerveroit plus long-temps que le fer. Ce minéral dont on ne parle que depuis peu, paroît être encore plus difficile à fondre ; le feu des meilleurs fourneaux n'eſt pas aſſez violent pour produire cet effet, ni même pour en aglutiner les petits grains qui ſont tous anguleux, émouſſés, durs, & aſſez ſemblables pour la forme, à de la groſſe limaille de fer, mais d'une couleur un peu jaunâtre : & quoiqu'on puiſſe les faire couler ſans addition de fondans, & les réduire en maſſe au foyer d'un bon miroir brûlant, la platine ſemble exiger plus de chaleur que la mine & la limaille de fer que nous faiſons aiſément fondre à nos fourneaux de forge. D'ailleurs la denſité de la platine étant beaucoup plus grande que celle du fer, les deux qualités de denſité & de non-fuſibilité ſe réuniſſent ici pour rendre cette matière la moins

acceſſible de toutes au progrès de la chaleur. Je préſume donc que la platine ſeroit à la tête de ma Table & avant le fer ſi je l'avois miſe en expérience, mais il ne m'a pas été poſſible de m'en procurer un globe d'un pouce de diamètre; on ne la trouve qu'en grains *(a)*, & celle qui eſt en maſſe n'eſt pas pure, parce qu'on y a mêlé, pour la fondre, d'autres matières qui en ont altéré la nature. Un de mes amis *(b)*, homme de beaucoup d'eſprit, qui a la bonté de partager ſouvent mes vues, m'a mis à portée d'examiner cette ſubſtance métallique encore rare, & qu'on ne connoît pas aſſez. Les Chimiſtes qui ont travaillé ſur la platine, l'ont regardée comme un métal nouveau, parfait, propre, particulier & différent de tous les autres métaux; ils ont aſſuré que ſa peſanteur

(a) Un homme digne de foi, m'a néanmoins aſſuré qu'on trouve quelquefois de la platine en maſſe, & qu'il en avoit vu un morceau de vingt livres peſant qui n'avoit point été fondu, mais tiré de la mine même.

(b) M. le comte de la Billarderie d'Angivillers, de l'Académie des Sciences, Intendant en *ſurvivance* du Jardin & du Cabinet du Roi.

ſpécifique étoit à très-peu-près égale à celle de l'or, que néanmoins ce huitième métal différoit d'ailleurs eſſentiellement de l'or, n'en ayant ni la ductilité ni la fuſibilité. J'avoue que je ſuis dans une opinion différente & même toute oppoſée. Une matière qui n'a ni ductilité ni fuſibilité, ne doit pas être miſe au nombre des métaux, dont les propriétés eſſentielles & communes ſont d'être fuſibles & ductiles. Et la platine, d'après l'examen que j'en ai pu faire, ne me paroît pas être un nouveau métal différent de tous les autres, mais un mélange, un alliage de fer & d'or formé par la Nature, dans lequel la quantité d'or ſemble dominer ſur la quantité de fer; & voici les faits ſur leſquels je crois pouvoir fonder cette opinion.

De huit onces trente-cinq grains de platine que m'a fournie M. d'Angivillers, & que j'ai préſentée à une forte pierre d'aimant, il ne m'en eſt reſté qu'une once un gros vingt-neuf grains, tout le reſte a été enlevé par l'aimant à deux gros près, qui ont été réduits en poudre qui s'eſt attachée aux feuilles de papier, & qui les a profondément noircies, comme

je le tirai tout-à-l'heure; cela fait donc à très-peu-près six septièmes du total qui ont été attirés par l'aimant; ce qui est une quantité si considérable, relativement au tout, qu'il est impossible de se refuser à croire que le fer ne soit contenu dans la substance intime de la platine, & qu'il n'y soit même en assez grande quantité. Il y a plus; c'est que si je ne m'étois pas lassé de ces expériences, qui ont duré plusieurs jours, j'aurois encore tiré par l'aimant une grande partie du restant de mes huit onces de platine: car l'aimant en attiroit encore quelques grains un à un, & quelquefois deux quand on a cessé de le présenter. Il y a donc beaucoup de fer dans la platine; & il n'y est pas simplement mêlé comme matière étrangère, mais intimément uni, & faisant partie de sa substance, ou si l'on veut le nier, il faudra supposer qu'il existe dans la Nature une seconde matière qui, comme le fer, est attirable par l'aimant; mais cette supposition gratuite tombera par les autres faits que je vais rapporter.

Toute la platine que j'ai eu occasion d'examiner, m'a paru mélangée de deux

matières différentes, l'une noire & très-attirable par l'aimant, l'autre en plus gros grains d'un blanc livide un peu jaunâtre & beaucoup moins magnétique que la première; entre ces deux matières qui ſont les deux extrêmes de cette eſpèce de mélange, ſe trouvent toutes les nuances intermédiaires, ſoit pour le magnétiſme, ſoit pour la couleur & la groſſeur des grains. Les plus magnétiques qui ſont en même temps les plus noirs & les plus petits, ſe réduiſent aiſément en poudre par un frottement aſſez léger, & laiſſent ſur le papier blanc la même couleur que le plomb frotté. Sept feuilles de papier dont on s'eſt ſervi ſucceſſivement pour expoſer la platine à l'action de l'aimant, ont été noircies ſur toute l'étendue qu'occupoit la platine, les dernières feuilles moins que les premières à meſure qu'elle ſe trioit, & que les grains qui reſtoient étoient moins noirs & moins magnétiques. Les plus gros grains, qui ſont les plus colorés & les moins magnétiques, au lieu de ſe réduire en pouſſière comme les petits grains noirs, ſont au contraire très-durs & réſiſtent à toute trituration;

néanmoins ils sont susceptibles d'extension dans un mortier d'agate *(c)*, sous les coups réitérés d'un pilon de même matière, & j'en ai aplati & étendu plusieurs grains au double & au triple de l'étendue de leur surface; cette partie de la platine a donc un certain degré de malléabilité & de ductilité, tandis que la partie noire ne paroît être ni malléable ni ductile. Les grains intermédiaires participent des qualités des deux extrêmes, ils sont aigres & durs, ils se cassent ou s'étendent plus difficilement sous les coups du pilon, & donnent un peu de poudre noire, mais moins noire que la première.

Ayant recueilli cette poudre noire & les grains les plus magnétiques que l'aimant avoit attirés les premiers, j'ai reconnu que le tout étoit du vrai fer, mais dans un état différent du fer ordinaire. Celui-ci réduit en poudre & en limaille, se charge de l'humidité & se rouille aisément; à mesure que la rouille le gagne, il devient

(c) Nota. Je n'ai pas voulu les étendre sur le tas d'acier, dans la crainte de leur communiquer plus de magnétisme qu'ils n'en ont naturellement.

moins magnétique & finit abſolument par perdre cette qualité magnétique, lorſqu'il eſt entièrement & intimément rouillé : au lieu que cette poudre de fer, ou ſi l'on veut ce ſablon ferrugineux qui ſe trouve dans la platine, eſt au contraire inacceſſible à la rouille quelque long-temps qu'il ſoit expoſé à l'humidité; il eſt auſſi plus infuſible & beaucoup moins diſſoluble que le fer ordinaire, mais ce n'en eſt pas moins du fer qui ne m'a paru différer du fer connu que par une plus grande pureté. Ce ſablon eſt en effet du fer abſolument dépouillé de toutes les parties combuſtibles, ſalines & terreuſes qui ſe trouvent dans le fer ordinaire & même dans l'acier; il paroît enduit & recouvert d'un vernis vitreux qui le défend de toute altération. Et ce qu'il y a de très-remarquable, c'eſt que ce ſablon de fer pur n'appartient pas excluſivement à beaucoup près à la mine de platine; j'en ai trouvé, quoique toujours en petite quantité, dans pluſieurs endroits où l'on a fouillé les mines de fer qui ſe conſomment à mes forges. Comme je ſuis dans l'uſage de ſoumettre à pluſieurs épreuves toutes

les mines que je fais exploiter avant de me déterminer à les faire travailler en grand pour l'usage de mes fourneaux; je fus assez surpris de voir que dans quelques-unes de ces mines, qui toutes sont en grains, & dont aucune n'est attirable par l'aimant, il se trouvoit néanmoins des particules de fer un peu arrondies & luisantes comme de la limaille de fer, & tout-à-fait semblables au sablon ferrugineux de la platine, elles sont tout aussi magnétiques, tout aussi peu fusibles, tout aussi difficilement dissolubles; tel fut le résultat de la comparaison que je fis du sablon de la platine, & de ce sablon trouvé dans deux de mes mines de fer à trois pieds de profondeur, dans des terreins où l'eau pénètre assez facilement: j'avois peine à concevoir d'où pouvoient provenir ces particules de fer; comment elles avoient pu se défendre de la rouille depuis des siècles qu'elles sont exposées à l'humidité de la terre, enfin comment ce fer très-magnétique pouvoit avoir été produit dans des veines de mines qui ne le sont point du tout. J'ai appelé l'expérience à mon secours, & je me suis assez éclairé sur

tous ces points pour être satisfait. Je savois, par un grand nombre d'observations, qu'aucune de nos mines de fer en grains n'est attirable par l'aimant; j'étois bien persuadé, comme je le suis encore, que toutes les mines de fer qui sont magnétiques, n'ont acquis cette propriété que par l'action du feu; que les mines du nord qui sont assez magnétiques pour qu'on les cherche avec la boussole, doivent leur origine à l'élément du feu, tandis que toutes nos mines en grains qui ne sont point du tout magnétiques, n'ont jamais subi l'action du feu, & n'ont été formées que par le moyen ou l'intermède de l'eau. Je pensai donc que ce sablon ferrugineux & magnétique que je trouvois en petite quantité dans mes mines de fer, devoit son origine au feu; & ayant examiné le local, je me confirmai dans cette idée. Le terrein où se trouve ce sablon magnétique est en bois, de temps immémorial, on y a fait très-anciennement, & on y fait tous les jours des fourneaux de charbon; il est aussi plus que probable qu'il y a eu dans ces bois des incendies considérables. Le charbon & le bois brûlé,

sur-tout en grande quantité, produisent du mâchefer, & ce mâchefer renferme la partie la plus fixe du fer que contiennent les végétaux; c'est ce fer fixe qui forme le sablon dont il est question lorsque le mâchefer se décompose par l'action de l'air, du soleil & des pluies: car alors ces particules de fer pur qui ne sont point sujettes à la rouille ni à aucune autre espèce d'altération, se laissent entraîner par l'eau & pénètrent dans la terre avec elle à quelques pieds de profondeur. On pourra vérifier ce que j'avance ici, en faisant broyer du mâchefer bien brûlé, on y trouvera toujours une petite quantité de ce fer pur, qui ayant résisté à l'action du feu, résiste également à celle des dissolvans, & ne donne point de prise à la rouille *(d)*.

(d) J'ai reconnu dans le cabinet d'Histoire Naturelle, des sablons ferrugineux de même espèce que celui de mes mines, qui m'ont été envoyés de différens endroits & qui sont également magnétiques. On en trouve à Quimper en Bretagne, en Danemarck, en Sibérie, à Saint-Domingue, & les ayant tous comparés, j'ai vu que le sablon ferrugineux de Quimper étoit celui qui ressembloit le plus au mien, & qu'il n'en différoit que par

M'étant satisfait sur ce point, & après avoir comparé le sablon tiré de mes mines de fer & du mâchefer avec celui de la platine assez pour ne pouvoir douter de leur identité, je ne fus pas long-temps à penser, vu la pesanteur spécifique de la platine, que si ce sablon de fer pur, provenant de la décomposition du mâchefer, au lieu d'être dans une mine de fer, se trouvoit dans le voisinage d'une mine d'or, il auroit, en s'unissant à ce dernier métal, formé un alliage qui seroit absolument de la même nature que la platine. On sait que l'or & le fer ont un grand degré d'affinité; on sait que la plupart des mines de fer contiennent une petite

un peu plus de pesanteur spécifique. Celui de Saint-Domingue est plus léger, celui de Danemarck est moins pur & plus mélangé de terre, & celui de Sibérie est en masse & en morceaux gros comme le pouce, solides, pesans, & que l'aimant soulève à peu-près comme si c'étoit une masse de fer pur. On peut donc présumer que ces sablons magnétiques provenans du mâchefer, se trouvent aussi communément que le mâchefer même, mais seulement en bien plus petite quantité. Il est rare qu'on en trouve des amas un peu considérables, & c'est par cette raison qu'ils ont échappé, pour la plupart, aux recherches des Minéralogistes.

quantité d'or ; on fait donner à l'or la teinture, la couleur & même l'aigre du fer en les faisant fondre ensemble ; on emploie cet or couleur de fer sur différens bijoux d'or, pour en varier les couleurs ; & cet or mêlé de fer est plus ou moins gris, & plus ou moins aigre, suivant la quantité de fer qui entre dans le mélange. J'en ai vu d'une teinte absolument semblable à la couleur de la platine. Ayant demandé à un Orfévre quelle étoit la proportion de l'or & du fer dans ce mélange qui étoit de la couleur de la platine, il me dit que l'or de 24 karats n'étoit plus qu'à 18 karats, & qu'il y entroit un quart de fer. On verra que c'est à-peu-près la proportion qui se trouve dans la platine naturelle, si l'on en juge par la pesanteur spécifique. Cet or mêlé de fer est plus dur, plus aigre & spécifiquement moins pesant que l'or pur ; toutes ces convenances, toutes ces qualités communes avec la platine, m'ont persuadé que ce prétendu métal n'est dans le vrai, qu'un alliage d'or & de fer, & non pas une substance particulière, un métal nouveau, parfait & différent de tous les

autres métaux, comme les Chimiſtes l'ont avancé.

On peut d'ailleurs ſe rappeler que l'alliage aigrit tous les métaux, & que quand il y a pénétration, c'eſt-à-dire, augmentation dans la peſanteur ſpécifique, l'alliage en eſt d'autant plus aigre que la pénétration eſt plus grande, & le mélange devenu plus intime, comme on le reconnoît dans l'alliage appelé *métal des cloches*, quoiqu'il ſoit compoſé de deux métaux très-ductiles. Or, rien n'eſt plus aigre ni plus peſant que la platine; cela ſeul auroit dû faire ſoupçonner que ce n'eſt qu'un alliage fait par la Nature, un mélange de fer & d'or, qui doit ſa peſanteur ſpécifique en partie à ce dernier métal, & peut-être auſſi en grande partie à la pénétration des deux matières dont il eſt compoſé.

Néanmoins cette peſanteur ſpécifique de la platine n'eſt pas auſſi grande que nos Chimiſtes l'ont publié. Comme cette matière traitée ſeule & ſans addition de fondans eſt très-difficile à réduire en maſſe, qu'on n'en peut obtenir au feu du miroir brûlant que de très-petites maſſes, & que les expériences hydroſtatiques faites ſur

des petits volumes, ſont ſi défectueuſes qu'on n'en peut rien conclure; il me paroît qu'on s'eſt trompé ſur l'eſtimation de la peſanteur ſpécifique de ce minéral. J'ai mis de la poudre d'or dans un petit tuyau de plume que j'ai peſé très-exactement, j'ai mis dans le même tuyau un égal volume de platine, il peſoit près d'un dixième de moins, mais cette poudre d'or étoit beaucoup trop fine en comparaiſon de la platine. M. Tillet, qui joint à une connoiſſance approfondie des métaux, le talent rare de faire des expériences avec la plus grande préciſion, a bien voulu répéter à ma prière, celle de la peſanteur ſpécifique de la platine comparée à l'or pur. Pour cela, il s'eſt ſervi comme moi d'un tuyau de plume, & il a fait couper à la ciſaille de l'or à 24 karats, réduit autant qu'il étoit poſſible à la groſſeur des grains de la platine, & il a trouvé, par huit expériences, que la peſanteur de la platine différoit de celle de l'or pur d'un quinzième à très-peu-près, mais nous avons obſervé tous deux, que les grains d'or coupés à la ciſaille avoient les angles beaucoup plus vifs que la platine; celle-ci

vue à la loupe, eſt à peu-près de la forme des galets roulés par l'eau, tous les angles ſont émouſſés, elle eſt même douce au toucher, au lieu que les grains de cet or coupés à la ciſaille, avoient des angles vifs & des pointes tranchantes; en ſorte qu'ils ne pouvoient pas s'ajuſter ni s'entaſſer les uns ſur les autres auſſi aiſément que ceux de la platine; tandis qu'au contraire la poudre d'or dont je me ſuis ſervi, étoit de l'or en paillettes, telles que les Arpailleurs les trouvent dans le ſable des rivières. Ces paillettes s'ajuſtent beaucoup mieux les unes contre les autres; j'ai trouvé environ un dixième de différence entre le poids ſpécifique de ces paillettes & celui de la platine; néanmoins ces paillettes ne ſont pas ordinairement d'or pur, il s'en faut ſouvent plus de deux ou trois karats, ce qui en doit diminuer en même rapport la peſanteur ſpécifique; ainſi tout bien conſidéré & comparé, nous avons cru qu'on pouvoit maintenir le réſultat de mes expériences, & aſſurer que la platine en grains & telle que la Nature la produit, eſt au moins d'un onzième ou d'un douzième moins

pesante que l'or. Il y a toute apparence que cette erreur de fait sur la densité de la platine, vient de ce qu'on ne l'aura pas pesée dans son état de nature, mais seulement après l'avoir réduite en masse: & comme cette fusion ne peut se faire que par l'addition d'autres matières & à un feu très-violent, ce n'est plus de la platine pure, mais un composé dans lequel sont entrées des matières fondantes, & duquel le feu a enlevé les parties les plus légères.

Ainsi la platine au lieu d'être d'une densité égale ou presqu'égale à celle de l'or pur, comme l'ont avancé les Auteurs qui en ont écrit, n'est que d'une densité moyenne entre celle de l'or & celle du fer, & seulement plus voisine de celle de ce premier métal que de celle du dernier. Supposant donc que le pied cube d'or pèse treize cents vingt-six livres, & celui du fer pur cinq cents quatre-vingts livres, celui de la platine en grains se trouvera peser environ onze cents quatre-vingt-quatorze livres, ce qui supposeroit plus des trois quarts d'or sur un quart de fer dans cet alliage, s'il n'y a pas de pénétration;

mais comme on en tire ſix ſeptièmes à l'aimant, on pourroit croire que le fer y eſt en quantité de plus d'un quart, d'autant plus qu'en s'obſtinant à cette expérience; je ſuis perſuadé qu'on viendroit à bout d'enlever avec un fort aimant, toute la platine juſqu'au dernier grain. Néanmoins on n'en doit pas conclure que le fer y ſoit contenu en ſi grande quantité; car lorſqu'on le mêle par la fonte avec l'or, la maſſe qui réſulte de cet alliage eſt attirable par l'aimant, quoique le fer n'y ſoit qu'en petite quantité: j'ai vu entre les mains de M. Baumé, un bouton de cet alliage peſant ſoixante-ſix grains, dans lequel il n'étoit entré que ſix grains, c'eſt-à-dire un onzième de fer, & ce bouton ſe laiſſoit enlever aiſément par un bon aimant. Dès-lors la platine pourroit bien ne contenir qu'un onzième de fer ſur dix onzièmes d'or, & donner néanmoins les mêmes phénomènes, c'eſt-à-dire, être attirée en entier par l'aimant; & cela s'accorderoit parfaitement avec la peſanteur ſpécifique qui eſt d'un douzième moindre que celle de l'or.

Mais ce qui me fait préſumer que la platine contient plus d'un onzième de fer

sur dix onzièmes d'or, c'est que l'alliage qui résulte de cette proportion, est encore couleur d'or & beaucoup plus jaune que ne l'est la platine la plus colorée, & qu'il faut un quart de fer sur trois quarts d'or pour que l'alliage ait précisément la couleur naturelle de la platine. Je suis donc très-porté à croire qu'il pourroit bien y avoir cette quantité d'un quart de fer dans la platine. Nous nous sommes assurés, M. Tillet & moi, par plusieurs expériences, que le sablon de ce fer pur que contient la platine, est plus pesant que la limaille de fer ordinaire; ainsi cette cause ajoutée à l'effet de la pénétration, suffit pour rendre raison de cette grande quantité de fer contenue sous le petit volume indiqué par la pesanteur spécifique de la platine.

Au reste, il est très-possible que je me trompe dans quelques-unes des conséquences que j'ai cru devoir tirer de mes observations sur cette substance métallique; je n'ai pas été à portée d'en faire un examen aussi approfondi que je l'aurois voulu; ce que j'en dis, n'est que ce que j'ai vu, & pourra peut-être servir à faire voir mieux.

Première addition.

Comme j'étois sur le point de livr ces feuilles à l'impression, le hasard fit qu je parlai de mes idées sur la plaine, M. le comte de Milly qui a beaucou de connoissances en Physique & en Chi mie, il me répondit qu'il pensoit à peu près comme moi sur la nature de c minéral, je lui donnai le Mémoire ci-dess pour l'examiner, & deux jours après il e la bonté de m'envoyer les observation suivantes, que je crois aussi bonnes qu les miennes, & qu'il m'a permis de publi ensemble.

« J'ai pesé exactement trente-six grai » de plaine, je l'ai étendue sur une feuil » de papier blanc, pour pouvoir mieu » l'observer avec une bonne loupe, j' » ai aperçu ou j'ai cru y apercevoir trè » distinctement, trois substances diffe » rentes; la première avoit le brillan » métallique, elle étoit la plus abondante » la seconde vitriforme, tirant sur le noir » ressemble assez à une matière métallique » ferrugineuse qui auroit subi un degr » de feu considérable, telles que de » scories de fer, appelées vulgairemen

mâchefer; la troisième, moins abondante « que les deux premières, est du sable de « toutes couleurs où cependant le jaune, « couleur de topase, domine; chaque grain « de sable considéré à part, offre à la vue « des cristaux réguliers de différentes « couleurs; j'en ai remarqué de cristallisés « en aiguilles hexagones, se terminant en « pyramides comme le cristal-de-roche, « & il m'a semblé que ce sable n'étoit qu'un « *detritus* de cristaux-de-roche ou de « quartz de différentes couleurs. «

Je formai le projet de séparer, le « plus exactement possible, ces différentes « substances par le moyen de l'aimant & « de mettre à part la partie la plus attirable « à l'aimant, d'avec celle qui l'étoit moins, « & enfin de celle qui ne l'étoit pas du « tout; ensuite d'examiner chaque subs- « tance en particulier & de les soumettre « à différentes épreuves chimiques & « mécaniques. «

Je mis à part les parties de la platine « qui furent attirées avec vivacité à la « distance de deux ou trois lignes, c'est- « à-dire, sans le contact de l'aimant, & « je me servis pour cette expérience, «

» d'un bon aimant factice de M. l'Abbé....
» enſuite je touchai avec ce même aiman
» le métal, & j'en enlevai tout ce qui
» voulut céder à l'effort magnétique, que
» je mis à part; je peſai ce qui étoit reſt
» & qui n'étoit preſque plus attirable
» cette matière non attirable, & que j
» nommerai *n.° 4*, peſoit vingt-trois grains
» *n.° 1.*" qui étoit le plus ſenſible à l'ai
» mant, peſoit quatre grains; *n.° 2*, peſoi
» de même quatre grains; & *n.° 3*, cin
» grains.

» *N.° 1.*" examiné à la loupe, n'offroi
» à la vue qu'un mélange de partie
» métalliques, d'un blanc ſale tirant ſu
» le gris, aplaties & arrondies en form
» de galets & de ſable noir vitriforme
» reſſemblant à du mâchefer pilé, dan
» lequel on aperçoit des parties très
» rouillées, enfin telles que les ſcories d
» fer en préſentent lorſqu'elles ont é
» expoſées à l'humidité.

» *N.° 2* préſentoit à peu-près la mêm
» choſe, à l'exception que les partie
» métalliques dominoient, & qu'il n'y e
» avoit que très-peu de rouillées.

» *N.° 3* étoit la même choſe, ma

les parties métalliques étoient plus volumineuses, elles ressembloient à du métal fondu, & qui a été jeté dans l'eau pour le diviser en grenailles, elles sont aplaties, elles affectent toutes sortes de figures, mais arrondies sur les bords à la manière des galets qui ont été roulés & polis par les eaux. «

N.° 4 qui n'avoit point été enlevé par l'aimant, mais dont quelques parties donnoient encore des marques de sensibilité au magnétisme, lorsqu'on passoit l'aimant sous le papier où elles étoient étendues, étoit un mélange de sable, de parties métalliques & de vrai mâchefer friable sous les doigts, qui noircissoit à la manière du mâchefer ordinaire. Le sable sembloit être composé de petits cristaux de topase, de cornaline & de cristal-de-roche; j'en écrasai quelques cristaux sur un tas d'acier, & la poudre qui en résulta étoit comme du vernis réduit en poudre; je fis la même chose au mâchefer, il s'écrasa avec la plus grande facilité, & il m'offrit une poudre noire ferrugineuse qui noircissoit le papier comme le mâchefer ordinaire. «

» Les parties métalliques de ce dernier
» *(n.° 4)*, me parurent plus ductiles sous
» le marteau que celles du *n.° 1.er*, ce
» qui me fit croire qu'elles contenoient
» moins de fer que les premières ; d'où
» il s'enſuit que la platine pourroit for
» bien n'être qu'un mélange de fer &
» d'or fait par la Nature, ou peut-être
» de la main des hommes, comme je le
» dirai par la ſuite.

» Je tâcherai d'examiner, par tous le
» moyens qui me ſeront poſſibles, l
» nature de la platine, ſi je peux en
» avoir à ma diſpoſition en ſuffiſante
» quantité ; en attendant, voici les expé
» riences que j'ai faites.

» Pour m'aſſurer de la préſence du fe
» dans la platine par des moyens chi
» miques, je pris les deux extrêmes, c'eſt
» à-dire, *n.° 1.er* qui étoit très-attirable
» l'aimant, & *n.° 4* qui ne l'étoit pas, j
» les arroſai avec l'eſprit-de-nitre un
» peu fumant, j'obſervai avec la loupe ce
» qui en réſulteroit, mais je n'y aperçu
» aucun mouvement d'effervescence ; j'
» ajoutai de l'eau diſtillée, & il ne ſe fi
» encore aucun mouvement, mais le

parti

parties métalliques se décapèrent, & elles prirent un nouveau brillant semblable à celui de l'argent; j'ai laissé ce mélange tranquille pendant cinq ou six minutes, & ayant encore ajouté de l'eau, j'y laissai tomber quelques gouttes de la liqueur alkaline saturée de la matière colorante du bleu de Prusse, & sur le champ le *n.° 1.er* me donna un très-beau bleu de Prusse.

Le *n.° 4* ayant été traité de même, & quoiqu'il se fût refusé à l'action de l'aimant & à celle de l'esprit-de-nitre, me donna de même que le *n.° 1.er* du très-beau bleu de Prusse.

Il y a deux choses fort singulières à remarquer dans ces expériences, 1.° il passe pour constant parmi les Chimistes qui ont traité de la platine, que l'eau-forte ou l'esprit-de-nitre n'a aucune action sur elle; cependant, comme on vient de le voir, il s'en dissout assez, quoique sans effervescence, pour donner du bleu de Prusse or lqu'on y ajoute de la liqueur alkaline phlogistiquée & saturée de la matière

» colorante, qui, comme on ſait, précipite
» le fer en bleu de Pruſſe.

» 2.° La platine qui n'eſt pas ſenſible
» à l'aimant, n'en contient pas moins du
» fer, puiſque l'eſprit-de-nitre en diſſout
» aſſez, ſans occaſionner d'efferveſcence,
» pour former du bleu de Pruſſe.

» D'où il s'enſuit que cette ſubſtance
» que les Chimiſtes modernes, peut-être
» trop avides du merveilleux & de vouloir
» donner du nouveau, regardent comme
» un huitième métal, pourroit bien n'être,
» comme je l'ai dit, qu'un mélange d'or
» & de fer.

» Il reſte ſans doute bien des expé-
» riences à faire pour pouvoir déterminer
» comment ce mélange a pu avoir lieu,
» ſi c'eſt l'ouvrage de la Nature, &
» comment; ou ſi c'eſt le produit de
» quelque volcan, ou ſimplement le pro-
» duit des travaux que les Eſpagnols ont
» faits dans le nouveau monde pour retirer
» l'or des mines du Pérou: je ferai mention
» par la ſuite de mes conjectures là-
» deſſus.

» Si l'on frotte de la platine naturelle
» ſur un linge blanc, elle le noircit comme

pourroit le faire le mâchefer ordinaire, « ce qui m'a fait soupçonner que ce sont « les parties de fer réduites en mâchefer « qui se trouvent dans la platine qui « donnent cette couleur, & qui ne sont « dans cet état que pour avoir éprouvé « l'action d'un feu violent. D'ailleurs ayant « examiné une seconde fois de la platine « avec ma loupe, j'y aperçus différens « globules de mercure coulant, ce qui « me fit imaginer que la platine pourroit « bien être un produit de la main des « hommes, & voici comment. «

La platine, à ce qu'on m'a dit, se « tire des mines les plus anciennes du « Pérou, que les Espagnols ont exploi- « tées après la conquête du nouveau « monde : dans ces temps reculés on ne « connoissoit guère que deux manières « d'extraire l'or des sables qui le conte- « noient ; 1.° par l'amalgame du mercure, « 2.° par le départ à sec : on triturait le « sable aurifère avec du mercure, & « lorsqu'on jugeoit qu'il s'étoit chargé « de la plus grande partie de l'or, on « rejetoit le sable qu'on nommoit *crasse*, « comme inutile & de nulle valeur. «

» Le départ à ſec ſe faiſoit avec auſſi
» peu d'intelligence; pour y vaquer, on
» commençoit par minéraliſer les métaux
» aurifères par le moyen du ſoufre qui
» n'a point d'action ſur l'or, dont la
» peſanteur ſpécifique eſt plus grande que
» celle des autres métaux; mais pour faci-
» liter ſa précipitation on ajoute du fer en
» limaille qui s'empare du ſoufre ſur-
» abondant, méthode qu'on ſuit encore
» aujourd'hui *(e)*. La force du feu vitrifie
» une partie du fer, l'autre ſe combine
» avec une petite portion d'or & même
» d'argent qui le mêle avec les ſcories,
» d'où on ne peut le retirer que par
» pluſieurs fontes, & ſans être bien inſtruit
» des intermèdes convenables que les Do-
» cimaſiſtes emploient. La Chimie qui
» s'eſt perfectionnée de nos jours, donne
» à la vérité les moyens de retirer cet or
» & cet argent en plus grande partie; mais
» dans le temps où les Eſpagnols exploi-
» toient les mines du Pérou, ils ignoroient

(e) Voyez les Élémens docimaſtiques de Cramer; l'Art de traiter les mines, par Schulter, Schindeler, &c.

sans doute l'art de traiter les mines avec « le plus grand profit; & d'ailleurs ils « avoient de si grandes richesses à leur « disposition, qu'ils négligeoient vraisem- « blablement les moyens qui leur auroient « coûté de la peine, des soins & du temps; « ainsi il y a apparence qu'ils se conten- « toient d'une première fonte, & jetoient « les scories comme inutiles, ainsi que « le sable qui avoit passé par le mercure, « peut-être même ne faisoient-ils qu'un « tas de ces deux mélanges, qu'ils regar- « doient comme de nulle valeur. «

Ces scories contenoient encore de « l'or, beaucoup de fer sous différens « états, & cela en des proportions diffé- « rentes qui nous sont inconnues, mais « qui sont telles peut-être qu'elles peuvent « avoir donné l'existence à la platine. Les « globules de mercure que j'ai observés, « & les paillettes d'or que j'ai vues distinc- « tement, à l'aide d'une bonne loupe, « dans la platine que j'ai eue entre les « mains, m'ont fait naître les idées que « je viens d'écrire sur l'origine de ce « minéral; mais je ne les donne que comme « des conjectures hasardées; il faudroit «

» pour en acquérir quelque certitude, » ſavoir au juſte où ſont ſituées les mines » de la platine; ſi elles ont été exploitées » anciennement, ſi on la tire d'un terrein » neuf, ou ſi ce ne ſont que des dé- » combres, à quelle profondeur on la » trouve, & enfin ſi la main des hommes » y eſt exprimée ou non. Tout cela » pourroit aider à vérifier ou à détruire les conjectures que j'ai avancées *(f)*. »

REMARQUES.

CES obſervations de M. le comte de Milly, confirment les miennes dans preſque tous les points. La Nature eſt une, & ſe préſente toujours la même à ceux qui la ſavent obſerver; ainſi l'on ne doit pas être ſurpris que ſans aucune communication, M. de Milly ait vu les mêmes choſes que moi, & qu'il en ait tiré la même

(f) M. le baron de Sickingen, Miniſtre de l'Électeur Palatin, a dit à M. de Milly, avoir actuellement entre les mains deux Mémoires qui lui ont été remis par M. Kellner, Chimiſte & Métallurgiſte, attaché à M. le Prince de Birckenfeld, à Manheim, qui offre à la cour d'Eſpagne, de rendre à peu-près autant d'or peſant qu'on lui livrera de platine.

conſéquence, que la platine n'eſt point un nouveau métal, différent de tous les autres métaux, mais un mélange de fer & d'or. Pour concilier encore de plus près ſes obſervations avec les miennes, & pour éclaircir en même temps les doutes qui reſtent en grand nombre ſur l'origine & ſur la formation de la platine, j'ai cru devoir ajouter les remarques ſuivantes.

1.° M. le comte de Milly diſtingue dans la platine trois eſpèces de matières: ſavoir, deux métalliques, & la troiſième non métallique, de ſubſtance & de forme quartzeuſe ou criſtalline; il a obſervé comme moi, que des deux matières métalliques, l'une eſt très-attirable par l'aimant, & que l'autre l'eſt très-peu ou point du tout. J'ai fait mention de ces deux matières comme lui, mais je n'ai pas parlé de la troiſième qui n'eſt pas métallique, parce qu'il n'y en avoit point ou très-peu dans la platine ſur laquelle j'ai fait mes obſervations. Il y a apparence que la platine dont s'eſt ſervi M. de Milly, étoit moins pure que la mienne que j'ai obſervée avec ſoin, & dans laquelle je n'ai vu que quelques petits globules tranſparens comme du verre

blanc fondu, qui étoient unis à des particules de platine ou de ſablon ferrugineux, & qui ſe laiſſoient enlever enſemble par l'aimant. Ces globules tranſparens étoient en très-petit nombre, & dans huit onces de platine que j'ai bien regardée & fait regarder à d'autres avec une loupe très-forte, on n'a point aperçu de criſtaux réguliers. Il m'a paru au contraire que toutes les particules tranſparentes étoient globuleuſes comme du verre fondu, & toutes attachées à des parties métalliques, comme le laitier s'attache au fer lorſqu'on le fond. Néanmoins comme je ne doutois point du tout de la vérité de l'obſervation de M. de Milly, qui avoit vu dans la platine des particules quartzeuſes & criſtallines, de forme régulière & en grand nombre; j'ai cru ne devoir pas me borner à l'examen de la ſeule platine dont j'ai parlé ci-devant: j'en ai trouvé au Cabinet du Roi que j'ai examinée avec M. Daubenton, de l'Académie des Sciences, & qui nous a paru à tous deux bien moins pure que la première, & nous y avons en effet remarqué un grand nombre de petits criſtaux priſmatiques & tranſparens, les

uns couleur de rubis-balai, d'autres couleur de topaſe, & d'autres enfin parfaitement blancs; ainſi M. le comte de Milly ne s'etoit point trompé dans ſon obſervation; mais ceci prouve ſeulement qu'il y a des mines de platine bien plus pures les unes que les autres, & que dans celles qui le ſont le plus, il ne ſe trouve point de ces corps étrangers. M. Daubenton a auſſi remarqué quelques grains aplatis par-deſſous & renflés par-deſſus, comme ſeroit une goutte de métal fondu qui ſe ſeroit refroidie ſur un plan. J'ai vu très-diſtinctement un de ces grains hémiſphériques, & cela pourroit indiquer que la platine eſt une matière qui a été fondue par le feu; mais il eſt bien ſingulier que dans cette matière fondue par le feu, on trouve des petits criſtaux, des topaſes & des rubis, & je ne ſais ſi l'on ne doit pas ſoupçonner de la fraude de la part de ceux qui ont fourni cette platine, & qui, pour en augmenter la quantité, auront pu la mêler avec ces ſables criſtallins, car je le répète, je n'ai point trouvé de ces criſtaux dans plus d'une demi-livre de platine que m'a donnée M. le comte d'Angivillers.

2.° J'ai trouvé, comme M. de Milly, des paillettes d'or dans la platine, elles ſont aiſées à reconnoître par leur couleur, & parce qu'elles ne ſont point du tout magnétiques; mais j'avoue que je n'ai pas aperçu les globules de mercure qu'a vus M. de Milly. Je ne veux pas pour cela nier leur exiſtence; ſeulement il me ſemble que les paillettes d'or ſe trouvant avec ces globules de mercure dans la même matière, elles ſeroient bientôt amalgamées, & ne conſerveroient pas la couleur jaune de l'or que j'ai remarquée dans toutes les paillettes d'or que j'ai pu trouver dans une demi-livre de platine *(g)*. D'ailleurs les globules tranſparens, dont je viens de parler, reſſemblent beaucoup à des globules de mercure vif & brillant, en ſorte qu'au premier coup d'œil il eſt aiſé de s'y tromper.

3.° Il y avoit beaucoup moins de parties ternes & rouillées dans ma première platine

(g) J'ai trouvé depuis dans d'autre platine des paillettes d'or qui n'étoient pas jaunes, mais brunes & même noires comme le ſablon ferrugineux de la platine, qui probablement leur avoit donné cette couleur noirâtre.

que dans celle de M. de Milly, & ce n'eſt pas proprement de la rouille qui couvre la ſurface de ces particules ferrugineuſes, mais une ſubſtance noire, produite par le feu, & tout-à-fait ſemblable à celle qui couvre la ſurface du fer brûlé : mais ma ſeconde platine, c'eſt-à-dire, celle que j'ai priſe au Cabinet du Roi, avoit encore de commun avec celle de M. le comte de Milly, d'être mélangée de quelques parties ferrugineuſes, qui, ſous le marteau, ſe réduiſoient en pouſſière jaune & avoient tous les caractères de la rouille. Ainſi cette platine du Cabinet du Roi, & celle de M. de Milly, ſe reſſemblant à tous égards, il eſt vraiſemblable qu'elles ſont venues du même endroit & par la même voie ; je ſoupçonne même que toutes deux ont été ſophiſtiquées & mélangées de près de moitié, avec des matières étrangères criſtallines & ferrugineuſes rouillées, qui ne ſe trouvent pas dans la platine naturelle.

4.° La production du bleu de Pruſſe par la platine, me paroît prouver évidemment la préſence du fer dans la partie même de ce minéral qui eſt la moins

attirable à l'aimant, & confirmer en même temps ce que j'ai avancé du mélange intime du fer dans ſa ſubſtance. Le décapement de la platine par l'eſprit de nitre, prouve que quoiqu'il n'y ait point d'effervescence ſenſible, cet acide ne laiſſe pas d'agir ſur la plaine d'une manière évidente, & que les Auteurs qui ont aſſuré le contraire, ont ſuivi leur routine ordinaire, qui conſiſte à regarder comme nulle toute action qui ne produit pas l'effervescence. Ces deux expériences de M. de Milly me paroiſſent très-importantes, elles ſeroient même déciſives ſi elles réuſſiſſoient toujours également.

5.° Il nous manque en effet beaucoup de connoiſſances qui ſeroient néceſſaires, pour pouvoir prononcer affirmativement ſur l'origine de la platine. Nous ne ſavons rien de l'hiſtoire naturelle de ce minéral, & nous ne pouvons trop exhorter ceux qui ſont à portée de l'examiner ſur les lieux, de nous faire part de leurs obſervations. En attendant, nous ſommes forcés de nous borner à des conjectures, dont quelques-unes me paroiſſent ſeulement plus vraiſemblables que les autres. Par

exemple, je ne crois pas que la platine ſoit l'ouvrage des hommes; les Mexicains & les Péruviens ſavoient fondre & travailler l'or avant l'arrivée des Eſpagnols, & ils ne connoiſſoient pas le fer, qu'il auroit néanmoins fallu employer dans le départ à ſec en grande quantité. Les Eſpagnols eux-mêmes n'ont point établi de fourneaux à fondre les mines de fer en cette contrée, dans les premiers temps qu'ils l'ont habitée; il y a donc toute apparence qu'ils ne ſe ſont pas ſervis de limaille de fer pour le départ de l'or, du moins dans les commencemens de leurs travaux, qui d'ailleurs ne remontent pas à deux ſiècles & demi, temps beaucoup trop court pour une production auſſi abondante que celle de la platine, qu'on ne laiſſe pas de trouver en aſſez grande quantité & dans pluſieurs endroits.

D'ailleurs lorſqu'on mêle de l'or avec du fer, en les faiſant fondre enſemble, on peut toujours, par les voies chimiques, les ſéparer & retirer l'or en entier; au lieu que juſqu'à préſent les Chimiſtes n'ont pu faire cette ſéparation dans la platine, ni déterminer la quantité d'or contenue

dans ce minéral : cela ſemble prouver que l'or y eſt uni d'une manière plus intime que dans l'alliage ordinaire, & que le fer y eſt auſſi, comme je l'ai dit, dans un état différent de celui du fer commun. La platine ne me paroît donc pas être l'ouvrage de l'homme, mais le produit de la Nature, & je ſuis très-porté à croire qu'elle doit ſa première origine au feu des volcans. Le fer brûlé, autant qu'il eſt poſſible, intimément uni avec l'or par la ſublimation ou par la fuſion, peut avoir produit ce minéral, qui, d'abord ayant été formé par l'action du feu le plus violent, aura enſuite éprouvé les impreſſions de l'eau & les frottemens réitérés qui lui ont donné la forme qu'ils donnent à tous les autres corps, c'eſt-à-dire, celle des galets & des angles émouſſés. Mais il ſe pourroit auſſi que l'eau ſeule eût produit la platine ; car en ſuppoſant l'or & le fer tous deux diviſés autant qu'ils peuvent l'être par la voie humide, leurs molécules, en ſe réuniſſant, auront pu former les grains qui la compoſent, & qui depuis les plus peſans juſqu'aux plus légers, contiennent tous de l'or & du

fer. La proposition du Chimiste qui offre de rendre à peu-près autant d'or qu'on lui fournira de platine, sembleroit indiquer qu'il n'y a en effet qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or dans ce minéral ou peut-être encore moins; mais l'à-peu-près de ce Chimiste, est probablement d'un cinquième ou d'un quart, & ce seroit toujours beaucoup si sa promesse pouvoit se réaliser à un quart près.

SECONDE ADDITION.

M'ÉTANT trouvé à Dijon, cet été 1773, l'Académie des Sciences & Belles-Lettres de cette ville, dont j'ai l'honneur d'être Membre, me parut desirer d'entendre la lecture de mes observations sur la platine; je m'y prêtai d'autant plus volontiers, que sur une matière aussi neuve on ne peut trop s'informer ni consulter assez, & que j'avois lieu d'espérer de tirer quelques lumières d'une compagnie qui rassemble beaucoup de personnes instruites en tous genres. M. de Morveau, Avocat général au Parlement de Bourgogne, aussi savant Physicien que grand Jurisconsulte, prit la résolution de travailler

ſur la platine ; je lui donnai une portion de celle que j'avois attirée par l'aimant, & une portion de celle qui avoit paru inſenſible au magnétiſme, en le priant d'expoſer ce minéral ſingulier au plus grand feu qu'il lui ſeroit poſſible de faire, & quelque temps après il m'a remis les expériences ſuivantes, qu'il a trouvé bon de joindre ici avec les miennes.

Expériences faites par M. de Morveau, en Septembre 1773.

« M. le comte de Buffon, dans un » voyage qu'il a fait à Dijon, cet été » 1773, m'ayant fait remarquer dans un » demi-gros de platine, que M. Baumé » m'avoit remis en 1768, des grains en » forme de boutons, d'autres plus plats, » & quelques-uns noirs & écailleux ; & » ayant ſéparé avec l'aimant ceux qui » étoient attirables de ceux qui ne don- » noient aucun ſigne ſenſible de magné- » tiſme, j'ai eſſayé de former le bleu de » Pruſſe avec les uns & les autres. J'ai » verſé de l'acide nitreux fumant ſur les » parties non-attirables qui peſoient deux

grains & demi; six heures après, j'ai « étendu l'acide par de l'eau distillée, & « j'y ai versé de la liqueur alkaline saturée « de matière colorante, il n'y a pas eu « un atome de bleu, la platine avoit « seulement un coup d'œil plus brillant. « J'ai pareillement versé de l'acide fumant « sur les 33 grains $\frac{1}{2}$ de platine restante, « dont partie étoit attirable, la liqueur « étendue après le même intervalle de « temps, le même alkali Prussien en a « précipité une fécule bleue qui couvroit « le fond d'un vase assez large. La platine « après cette opération étoit bien décapée « comme la première, je l'ai lavée & « séchée, & j'ai vérifié qu'elle n'avoit « perdu qu'un quart de grain ou $\frac{1}{138}$; « l'ayant examinée en cet état, j'y ai « aperçu un grain d'un beau jaune qui « s'est trouvé une paillette d'or. «

M. de Fourcy avoit nouvellement « publié que la dissolution d'or étoit aussi « précipitée en bleu par l'alkali Prussien, « & avoit consigné ce fait dans une Table « d'affinité; je fus tenté de répéter cette « expérience, je versai en conséquence « de la liqueur alkaline phlogistiquée dans «

» de la dissolution d'or de départ, mais la
» couleur de cette dissolution ne change
» pas, ce qui me fait soupçonner que la
» dissolution d'or employée par M. de
» Fourcy, pouvoit bien n'être pas aussi
» pure.

» Et dans le même temps, M. le comte
» de Buffon m'ayant donné une assez
» grande quantité d'autre platine pour en
» faire quelques essais, j'ai entrepris de
» la séparer de tous les corps étrangers
» par une bonne fonte ; voici la manière
» dont j'ai procédé, & les résultats que
» j'ai eus.

Première expérience.

» Ayant mis un gros de platine dans
» une petite coupelle, sous la mouffle du
» fourneau, donné par M. Macquer
» dans les Mémoires de l'Académie des
» Sciences, *année 1758*, j'ai soutenu le
» feu pendant deux heures, la mouffle
» s'est affaissée, les supports avoient coulé ;
» cependant la platine s'est trouvée seu-
» lement aglutinée, elle tenoit à la coupelle
» & y avoit laissé des taches couleur de
» rouille ; la platine étoit alors terne, même

un peu noire, & n'avoit pris qu'un « quart de grain d'augmentation de poids, « quantité bien foible en comparaiſon de « celle que d'autres Chimiſtes ont obſer- « vée; ce qui me ſurprit d'autant plus, « que ce gros de platine, ainſi que toute « celle que j'ai employée aux autres expé- « riences, avoit été enlevé ſucceſſivement « par l'aimant, & faiſoit portion des ſix ſep- « tièmes de 8 onces dont M. de Buffon a « parlé dans le Mémoire ci-deſſus. «

Deuxième expérience.

Un demi-gros de la même platine, « expoſé au même feu dans une coupelle, « s'eſt auſſi aglutiné, elle étoit adhérente « à la coupelle, ſur laquelle elle avoit « laiſſé des taches de couleur de rouille; « l'augmentation de poids s'eſt trouvée à « peu-près dans la même proportion, & « la ſurface auſſi noire. «

Troisième expérience.

J'ai remis ce même demi-gros dans « une nouvelle coupelle, mais au lieu de « mouffle, j'ai renverſé ſur le ſupport un « creuſet de plomb noir de Paſſaw; j'avois «

» eu l'attention de n'employer pour ſup
» port que des têts d'argile pure très
» réfractaire, par ce moyen je pouvo
» augmenter la violence du feu & pro
» longer ſa durée, ſans craindre de vo
» couler les vaiſſeaux, ni obſtruer l'argi
» par les ſcories; cet appareil ainſi pla
» dans le fourneau, j'y ai entretenu pe
» dant quatre heures un feu de la dernie
» violence; lorſque tout a été refroid
» j'ai trouvé le creuſet bien conſerv
» ſoudé au ſupport; ayant briſé ce
» ſoudure vitreuſe, j'ai reconnu que ri
» n'avoit pénétré dans l'intérieur du creu
» qui paroiſſoit ſeulement plus luiſant qu
» n'étoit auparavant. La coupelle avo
» conſervé ſa forme & ſa poſition, el
» étoit un peu fendillée, mais pas aſſe
» pour ſe laiſſer pénétrer, auſſi le bouto
» de platine n'y étoit-il pas adhérent; c
» bouton n'étoit encore qu'aglutiné, ma
» d'une manière bien plus ſerrée que l
» première fois, les grains étoient moin
» ſaillans, la couleur en étoit plus claire
» le brillant plus métallique; & ce qu'il
» eut de plus remarquable, c'eſt qu'
» s'étoit élancé de ſa ſurface, pendan

l'opération, & probablement dans les « premiers inſtans du refroidiſſement, trois « jets de verre, dont l'un plus élevé, « parfaitement ſphérique, étoit porté ſur « un pédicule d'une ligne de hauteur, « de la même matière tranſparente & « vitreuſe; ce pédicule avoit à peine un « ſixième de ligne, tandis que le globule « avoit une ligne de diamètre, d'une « couleur uniforme, avec une légère teinte « de rouge, qui ne déroboit rien à ſa « tranſparence; des deux autres jets de « verre, le plus petit avoit un pédicule « comme le plus gros, & le moyen n'avoit « point de pédicule, & étoit ſeulement « attaché à la platine par ſa ſurface exté- « rieure. «

Quatrième expérience.

J'ai eſſayé de coupeller la platine, « & pour cela j'ai mis dans une coupelle « un gros des mêmes grains enlevés par « l'aimant, avec deux gros de plomb. « Après avoir donné un très-grand feu « pendant deux heures, j'ai trouvé dans « la coupelle un bouton adhérent, cou- « vert d'une croûte jaunâtre & un peu «

» ſpongieuſe, du poids de 2 gros 1
» grains, ce qui annonçoit que la platine
» avoit retenu 1 gros 12 grains de plomb
» J'ai remis ce bouton dans une autre
» coupelle au même fourneau, obſervant
» de le retourner, il n'a perdu que 1
» grains dans un feu de deux heures
» ſa couleur & ſa forme avoient très
» peu changé.
» Je lui ai appliqué enſuite le ve
» du ſoufflet après l'avoir placé dans un
» nouvelle coupelle couverte d'un creuſ
» de Paſſaw, dans la partie inférieure d'u
» fourneau de fuſion dont j'avois ôté
» grille; le bouton a pris alors un cou
» d'œil plus métallique, toujours un pe
» terne, & cette fois il a perdu 18 grains.
» Le même bouton ayant été rem
» dans le fourneau de M. Macquer, to
» jours placé dans une coupelle couver
» d'un creuſet de Paſſaw, je fourrins
» feu pendant trois heures, après leſquell
» je fus obligé de l'arrêter, parce que
» briques qui ſervoient de ſupport, avoie
» entièrement coulé; le bouton éto
» devenu de plus en plus métallique,
» adhéroit pourtant à la coupelle, il avo

perdu cette fois 34 grains. Je le jetai « dans l'acide nitreux fumant pour essayer « de le décaper, il y eut un peu d'effer- « vescence lorsque j'ajoutai de l'eau dis- « tillée, le bouton y perdit effectivement « deux grains, & j'y remarquai quelques « petits trous, comme ceux que laisse « le départ. «

Il ne restoit plus que 22 grains de « plomb alliés à la platine, à en juger « par l'excédant de son poids; je com- « mençai à espérer de vitrifier cette dernière « portion de plomb, & pour cela je mis « ce bouton dans une coupelle neuve, « je disposai le tout comme dans la troi- « sième expérience, je me servis du même « fourneau, en observant de dégager « continuellement la grille, d'entretenir « au-devant dans le courant d'air qu'il « attiroit, une évaporation continuelle par « le moyen d'une capsule que je rem- « plissois d'eau de temps en temps, & « de laisser un moment la chape entr'ou- « verte lorsqu'on venoit de remplir le « fourneau de charbon; ces précautions « augmentèrent tellement l'activité du feu, « qu'il falloit recharger de dix minutes «

» en dix minutes, je le ſoutins au même
» degré pendant quatre heures & je laiſſai
» refroidir.

» Je reconnus le lendemain que le
» creuſet de plomb noir avoit réſiſté,
» que les ſupports n'étoient que fayencés
» par les cendres; je trouvai dans la
» coupelle un bouton bien raſſemblé,
» nullement adhérent, d'une couleur con
» tinue & uniforme, approchant plus de
» la couleur de l'étain que de tout autre
» métal, ſeulement un peu raboteux; en
» un mot, peſant un gros très-juſte,
» rien de plus, rien de moins.

» Tout annonçoit donc que cette platine
» avoit éprouvé une fuſion parfaite, qu'elle
» étoit parfaitement pure, car pour ſup
» poſer qu'elle tenoit encore du plomb
» il faudroit ſuppoſer auſſi que ce minéral
» avoit juſtement perdu de ſa propre
» ſubſtance autant qu'il avoit retenu de
» matière étrangère; & une telle préciſion
» ne peut être l'effet d'un pur haſard.

» Je devois paſſer quelques jours avec
» M. le comte de Buffon, dont la ſociété
» a, ſi je puis le dire, le même charme
» que ſon ſtile, dont la converſation eſt
auſſi

aussi pleine que ses livres, je me fis « un plaisir de lui porter les produits de « ces essais, & je remis à les examiner « ultérieurement avec lui. «

1.° Nous avons observé que le gros « de platine aglutinée de la première expé- « rience, n'étoit pas attiré en bloc par « l'aimant, que cependant le barreau mag- « nétique avoit une action marquée sur « les grains que l'on en détachoit. «

2.° Le demi-gros de la troisième « expérience n'étoit non-seulement pas « attirable en masse, mais les grains que « l'on en séparoit ne donnoient plus eux- « mêmes aucun signe de magnétisme. «

3.° Le bouton de la quatrième expé- « rience étoit aussi absolument insensible « à l'approche de l'aimant, ce dont nous « nous assurames, en mettant le bouton « en équilibre dans une balance très-sen- « sible, & lui présentant un très-fort « aimant jusqu'au contact, sans que son « approche ait le moindrement dérangé « l'équilibre. «

4.° La pesanteur spécifique de ce « bouton fut déterminée par une bonne « balance hydrostatique, & pour plus de «

» ſûreté, comparée à l'or de monnoie &
» au globe d'or très-pur, employé par
» M. de Buffon à ſes belles expériences
» ſur le progrès de la chaleur; leur denſité
» ſe trouva avoir les rapports ſuivans, avec
» l'eau dans laquelle ils furent plongés.

» Le globe d'or..... $19\frac{3}{4}$.
» L'or de monnoie..... $17\frac{1}{2}$.
» Le bouton de platine..... $14\frac{2}{3}$.

» 5.° Ce bouton fut porté ſur un t
» d'acier pour eſſayer ſa ductilité, il ſoutint
» fort bien quelques coups de marteau
» ſa ſurface devint plane & même un peu
» polie dans les endroits frappés, mais
» ſe fendit bientôt après, & il s'en détacha
» une portion, faiſant à peu-près le ſixième
» de la totalité; la fracture préſenta plu
» ſieurs cavités, dont quelques-uns
» d'environ une ligne de diamètre avoient
» la blancheur & le brillant de l'argent
» on remarquoit dans d'autres de petit
» pointes élancées, comme les criſtallisa
» tions dans les géodes; le ſommet d
» l'une de ces pointes vu à la loupe
» étoit un globule abſolument ſemblable
» pour la forme, à celui de la troiſième

expérience & auſſi de matière vitreuſe « transparente, autant que ſon extrême « petiteſſe permettoit d'en juger. Au « reſte, toutes les parties du bouton étoient « compactes, bien liées, & le grain plus « fin, plus ſerré que celui du meilleur « acier après la plus forte trempe, auquel « il reſſembloit d'ailleurs par la couleur. «

6.° Quelques portions de ce bouton, « ainſi réduites en parcelles à coups de « marteau ſur le tas d'acier, nous leur « avons préſenté l'aimant, & aucune n'a « été attirée; mais les ayant encore pul- « vériſées dans un mortier d'agate, nous « avons remarqué que le barreau magné- « tique en enlevoit quelques-unes des « plus petites toutes les fois qu'on le poſoit « immédiatement deſſus. «

Cette nouvelle apparition du magné- « tiſme étoit d'autant plus ſurprenante, que « les grains détachés de la maſſe aglutinée « de la deuxième expérience, nous avoient « paru avoir perdu eux-mêmes toute ſen- « ſibilité à l'approche & au contact de « l'aimant; nous reprimes en conſéquence, « quelques-uns de ces grains, ils furent « de même réduits en pouſſière dans le «

» mortier d'agate, & nous vîmes bientôt
» les parties les plus petites, s'attacher
» ſenſiblement au barreau aimanté, il n'eſt
» pas poſſible d'attribuer cet effet au poli
» de la ſurface du barreau ni à aucune
» autre cauſe étrangère au magnétiſme;
» un morceau de fer auſſi poli, appliqué
» de la même manière ſur les parties de
» cette platine, n'en a jamais pu enlever
» une ſeule.

» Par le récit exact de ces expériences
» & des obſervations auxquelles elles ont
» donné lieu, on peut juger de la difficulté
» de déterminer la nature de la platine;
» il eſt bien certain que celle-ci contenoit
» quelques parties vitrifiables, & vitrifiables
» même ſans addition à un grand feu; il
» eſt bien ſûr que toute platine contient
» du fer & des parties attirables; mais ſi
» l'alkali Pruſſien ne donnoit jamais du
» bleu qu'avec les grains que l'aimant a
» enlevés, il ſemble qu'on en pourroit
» conclure, que ceux qui lui réſiſtent
» abſolument ſont de la platine pure, qui
» n'a par elle-même aucune vertu magné-
» nétique, & que le fer n'en fait pas
» partie eſſentielle. On devoit eſpérer

qu'une fusion aussi avancée, une cou- « pellation aussi parfaite décideroient au « moins cette question, tout annonçoit « qu'en effet ces opérations l'avoient « dépouillée de toute vertu magnétique en « la séparant de tous corps étrangers, « mais la dernière observation prouve, « d'une manière invincible, que cette « propriété magnétique n'y étoit réelle- « ment qu'affoiblie, & peut-être masquée « ou ensévelie, puisqu'elle a reparu lors- « qu'on l'a broyée. »

REMARQUES.

DE ces expériences de M. de Morveau, & des observations que nous avons ensuite faites ensemble, il résulte:

1.° Qu'on peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux, en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent, pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète.

2.° Qu'en la fondant avec le plomb, & la coupellant successivement & à plusieurs reprises, on vient à bout de vitrifier

tout le plomb, & que cette opération pourroit à la fin la purger d'une partie des matières étrangères qu'elle contient.

3.° Qu'en la fondant ſans addition, elle paroît ſe purger elle-même en partie des matières vitreſcibles qu'elle renferme, puiſqu'il s'élance à ſa ſurface des petits jets de verre qui forment des maſſes aſſez conſidérables, & qu'on en peut ſéparer aiſément après le refroidiſſement.

4.° Qu'en faiſant l'expérience du bleu de Pruſſe avec les grains de platine qui paroiſſent les plus inſenſibles à l'aimant, on n'eſt pas toujours ſûr d'obtenir de ce bleu, comme cela ne manque jamais d'arriver avec les grains qui ont plus ou moins de ſenſibilité au magnétiſme; mais comme M. de Morveau a fait cette expérience ſur une très-petite quantité de platine, il ſe propoſe de la répéter.

5.° Il paroît que ni la fuſion ni la coupellation ne peuvent détruire dans la platine tout le fer dont elle eſt intimément pénétrée; les boutons fondus ou coupellés, paroiſſoient à la vérité également inſenſibles à l'action de l'aimant, mais les ayant briſés dans un mortier d'agate & ſur un

tas d'acier, nous y avons retrouvé des parties magnétiques, d'autant plus abondantes que la platine étoit réduite en poudre plus fine: le premier bouton, dont les grains ne s'étoient qu'aglutinés, rendit étant broyé, beaucoup plus de parties magnétiques que le second & le troisième, dont les grains avoient subi une plus forte fusion, mais néanmoins tous deux étant broyés, fournirent des parties magnétiques, en sorte qu'on ne peut pas douter qu'il n'y ait encore du fer dans la platine, après qu'elle a subi les plus violens efforts du feu & l'action dévorante du plomb dans la coupelle; ceci semble achever de démontrer que ce minéral est réellement un mélange intime d'or & de fer, que jusqu'à présent l'art n'a pu séparer.

6.° Je fis encore, avec M. de Morveau, une autre observation sur cette platine fondue & ensuite broyée, c'est qu'elle reprend, en se brisant, précisément la même forme des galets arrondis & aplatis qu'elle avoit ayant d'être fondue; tous les grains de cette platine fondue & brisée, sont semblables à ceux de la platine

naturelle, tant pour la forme que pour la variété de grandeur, & ils ne paroiſſent en différer que parce qu'il n'y a que les plus petits qui ſe laiſſent enlever à l'aimant; & en quantité d'autant moindre, que la platine a ſubi plus de feu. Cela paroît prouver auſſi que quoique le feu ait été aſſez fort, non-ſeulement pour brûler & vitrifier, mais même pour chaſſer au-dehors une partie du fer avec les autres matières vitreſcibles qu'elle contient, la fuſion néanmoins n'eſt pas auſſi complète que celle des autres métaux parfaits, puiſqu'en la briſant les grains reprennent la même figure qu'ils avoient avant la fonte.

QUATRIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la ténacité & sur la décomposition du Fer.

On a vu dans le premier Mémoire, que le fer perd de sa pesanteur à chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent, & que des boulets chauffés trois fois jusqu'au blanc, ont perdu la douzième partie de leur poids; on seroit d'abord porté à croire, que cette perte ne doit être attribuée qu'à la diminution du volume du boulet, par les scories qui se détachent de la surface & tombent en petites écailles; mais si l'on fait attention que les petits boulets, dont par conséquent la surface est plus grande, relativement au volume, que celle des gros, perdent moins, & que les gros boulets perdent proportionnellement plus que les petits; on sentira bien que la perte totale de poids, ne doit pas être simplement attribuée à la chute des écailles qui se détachent de la surface, mais encore à une altération

intérieure de toutes les parties de la masse que le feu violent diminue, & rend d'autant plus légère qu'il est appliqué plus souvent & plus long-temps *(a)*.

Et en effet, si l'on recueille à chaque fois les écailles qui se détachent de la surface des boulets, on trouvera que sur un boulet de 5 pouces qui, par exemple, aura perdu huit onces par une première chaude, il n'y aura pas une once de ces écailles détachées, & que tout le reste de la perte de poids ne peut être attribué qu'à cette altération intérieure de la substance du fer qui perd de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe; en sorte que si l'on réitéroit souvent cette même opération, on réduiroit le fer à n'être plus qu'une matière friable & légère, dont on ne pourroit faire aucun usage; car j'ai

(a) Une expérience familière & qui semble prouver que le fer perd de sa masse à mesure qu'on le chauffe, même à un feu très-médiocre, c'est que les fers à friser lorsqu'on les a souvent trempés dans l'eau pour les refroidir, ne conservent pas le même degré de chaleur au bout d'un temps. Il s'en élève aussi des écailles lorsqu'on les a souvent chauffés & trempés; ces écailles sont du véritable fer.

remarqué que les boulets non-seulement avoient perdu de leur poids, c'est-à-dire, de leur densité, mais qu'en même temps ils avoient aussi beaucoup perdu de leur solidité; c'est-à-dire, de cette qualité dont dépend la cohérence des parties; car j'ai vu, en les faisant frapper, qu'on pouvoit les casser d'autant plus aisément qu'ils avoient été chauffés plus souvent & plus long-temps.

C'est sans doute parce que l'on ignoroit jusqu'à quel point va cette altération du fer, ou plutôt parce qu'on ne s'en doutoit point du tout, que l'on imagina, il y a quelques années, dans notre Artillerie, de chauffer les boulets dont il étoit question de diminuer le volume *(b)*. On m'a assuré que le calibre des canons nouvellement fondus, étant plus étroit que celui des anciens canons, il a fallu diminuer les boulets, & que pour y parvenir, on a fait rougir ces boulets à blanc, afin de les raidir ensuite plus aisément en les faisant tourner : on m'a ajouté, que souvent

(b) M. le marquis de Vallière ne s'occupoit point alors des travaux de l'Artillerie.

on eſt obligé de les faire chauffer cinq, ſix & même huit & neuf fois pour les réduire autant qu'il eſt néceſſaire. Or, il eſt évident par mes expériences, que cette pratique eſt mauvaiſe, car un boulet chauffé à blanc neuf fois, doit perdre au moins le quart de ſon poids, & peut-être les trois quarts de ſa ſolidité. Devenu caſſant & friable, il ne peut ſervir pour faire brèche, puiſqu'il ſe briſe contre les murs, & devenu léger il a auſſi pour les pièces de campagne le grand déſavantage de ne pouvoir aller auſſi loin que les autres.

En général, ſi l'on veut conſerver au fer ſa ſolidité & ſon nerf, c'eſt-à-dire, ſa maſſe & ſa force, il ne faut l'expoſer au feu ni plus ſouvent ni plus long-temps qu'il eſt néceſſaire; il ſuffira, pour la plupart des uſages, de le faire rougir ſans pouſſer le feu juſqu'au blanc, ce dernier degré de chaleur ne manque jamais de le déteriorer: & dans les ouvrages où il importe de lui conſerver tout ſon nerf, comme dans les bandes que l'on forge pour les canons de fuſil, il faudroit, s'il étoit poſſible, ne les chauffer qu'une fois

pour les battre, plier & souder par une seule opération; car, quand le fer a acquis sous le marteau, toute la force dont il est susceptible, le feu ne fait plus que la diminuer; c'est aux Artistes à voir jusqu'à quel point ce métal doit être malléé pour acquérir tout son nerf, & cela ne seroit pas impossible à déterminer par des expériences; j'en ai fait quelques-unes que je vais rapporter ici.

I.

UNE boucle de fer de 18 lignes $\frac{2}{3}$ de grosseur, c'est-à-dire, 348 lignes quarrées pour chaque montant de fer, ce qui fait pour le tout 696 lignes quarrées de fer, a cassé sous le poids de 28 milliers qui tiroit perpendiculairement; cette boucle de fer avoit environ 10 pouces de largeur, sur 13 pouces de hauteur, & elle étoit à très-peu près de la même grosseur partout. Cette boucle a cassé presque au milieu des branches perpendiculaires, & non pas dans les angles.

Si l'on vouloit conclure du grand au petit sur la force du fer par cette expérience, il se trouveroit que chaque ligne

quarrée de fer tirée perpendiculairement, ne pourroit porter qu'environ 40 livres.

II.

CEPENDANT ayant mis à l'épreuve un fil de fer d'une ligne un peu forte de diamètre, ce morceau de fil de fer a porté, avant de se rompre, 482 livres. Et un pareil morceau de fil de fer, n'a rompu que sous la charge de 495 livres; en sorte qu'il est à présumer qu'une verge quarrée d'une ligne de ce même fer auroit porté encore davantage, puisqu'elle auroit contenu quatre segmens aux quatre coins du quarré inscrit au cercle, de plus que le fil de fer rond, d'une ligne de diamètre.

Or cette disproportion dans la force du fer en gros & du fer en petit, est énorme. Le gros fer que j'avois employé, venoit de la forge d'Aisy sous Rougemont, il étoit sans nerf & à gros grain, & j'ignore de quelle forge étoit mon fil de fer, mais la différence de la qualité du fer, quelque grande qu'on voulût la supposer, ne peut pas faire celle qui se trouve ici dans leur résistance, qui, comme

l'on voit, eſt douze fois moindre dans le gros fer que dans le petit.

III.

J'AI fait rompre une autre boucle de fer de 18 lignes $\frac{1}{2}$ de groſſeur, du même fer de la forge d'Aiſy ; elle ne ſupporta de même que 28450 livres, & rompit encore preſque dans le milieu des deux montans.

IV.

J'AVOIS fait faire en même temps une boucle du même fer que j'avois fait reforger pour le partager en deux, en ſorte qu'il ſe trouva réduit à une barre de 9 lignes ſur 18 ; l'ayant miſe à l'épreuve, elle ſupporta avant de rompre, la charge de 17300 livres, tandis qu'elle n'auroit dû porter tout au plus que 14 milliers, ſi elle n'eût pas été forgée une ſeconde fois.

V.

UNE autre boucle de fer de 16 lignes $\frac{3}{4}$ de groſſeur, ce qui fait pour chaque montant à peu-près 280 lignes quarrées, c'eſt-à-dire, 560, a porté 24600 livres,

au lieu qu'elle n'auroit dû porter que 22400 livres, si je ne l'eusse pas fait forger une seconde fois.

V I.

Un cadre de fer de la même qualité, c'est-à-dire, sans nerf & à gros grains, & venant de la même forge d'Aisy, que j'avois fait établir pour empêcher l'écartement des murs du haut fourneau de mes forges, & qui avoit 26 pieds d'un côté sur 22 pieds de l'autre, ayant cassé par l'effort de la chaleur du fourneau dans les deux points milieux des deux plus longs côtés, j'ai vu que je pouvois comparer ce cadre aux boucles des expériences précédentes, parce qu'il étoit du même fer, & qu'il a cassé de la même manière: or ce fer avoit 21 lignes de gros, ce qui fait 441 lignes quarrées, & ayant rompu comme les boucles aux deux côtés opposés, cela fait 882 lignes quarrées qui se sont séparées par l'effort de la chaleur. Et comme nous avons trouvé par les expériences précédentes, que 696 lignes quarrées du même fer ont cassé sous le poids de 28 milliers, on doit en conclure

que 882 lignes de ce même fer n'auroient rompu que sous un poids de 35480 livres, & que par conséquent l'effort de la chaleur devoit être estimé comme un poids de 35480 livres. Ayant fait fabriquer pour contenir le mur intérieur de mon fourneau, dans le fondage qui se fit après la rupture de ce cadre, un cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence, avec du fer nerveux provenant de la fonte & de la fabrique de mes forges, cela m'a donné le moyen de comparer la ténacité du bon fer avec celle du fer commun. Ce cercle de 26 pieds $\frac{1}{2}$ de circonférence étoit de deux pièces, retenues & jointes ensemble par deux clavettes de fer passées dans des anneaux forgés au bout des deux bandes de fer; la largeur de ces bandes étoit de 30 lignes sur 5 d'épaisseur; cela fait 150 lignes quarrées qu'on ne doit pas doubler, parce que si ce cercle eût rompu, ce n'auroit été qu'en un seul endroit, & non pas en deux endroits opposés comme les boucles ou le grand cadre quarré. Mais l'expérience me démontra que pendant un fondage de quatre mois, où la chaleur étoit même plus grande que dans

le fondage précédent, ces 150 lignes de bon fer réſiſtèrent à ſon effort qui étoit de 35480 livres; d'où l'on doit conclure avec certitude entière, que le bon fer, c'eſt-à-dire, le fer qui eſt preſque tout nerf, eſt au moins cinq fois auſſi tenace que le fer ſans nerf & à gros grains.

Que l'on juge par-là de l'avantage qu'on trouveroit à n'employer que du bon fer nerveux dans les bâtimens & dans la conſtruction des vaiſſeaux, il en faudroit les trois quarts moins, & l'on auroit encore un quart de ſolidité de plus.

Par de ſemblables expériences, & en faiſant malléer une fois, deux fois, trois fois des verges de fer de différentes groſſeurs, on pourroit s'aſſurer du *maximum* de la force du fer, combiner d'une manière certaine la légèreté des armes avec leur ſolidité, ménager la matière dans les autres ouvrages ſans craindre la rupture, en un mot, travailler ce métal ſur des principes uniformes & conſtans. Ces expériences ſont le ſeul moyen de perfectionner l'art de la manipulation du fer; l'État en tireroit de très-grands avantages, car il ne faut pas croire que la qualité du fer dépend

de celle de la mine ; que, par exemple, le fer d'Angleterre, ou d'Allemagne, ou de Suède ſoit meilleur que celui de France ; que le fer de Berri ſoit plus doux que celui de Bourgogne : la nature des mines n'y fait rien ; c'eſt la manière de les traiter qui fait tout, & ce que je puis aſſurer pour l'avoir vu par moi-même, c'eſt qu'en malléant beaucoup & chauffant peu, on donne au fer plus de force, & qu'on approche de ce *maximum* dont je ne puis que recommander la recherche, & auquel on peut arriver par les expériences que je viens d'indiquer.

Dans les boulets que j'ai ſoumis pluſieurs fois à l'épreuve du plus grand feu, j'ai vu que le fer perd de ſon poids & de ſa force d'autant plus qu'on le chauffe plus ſouvent & plus long-temps ; ſa ſubſtance ſe décompoſe, ſa qualité s'altère, & enfin il dégénère en une eſpèce de mâchefer ou de matière poreuſe, légère, qui ſe réduit en une ſorte de chaux par la violence & la longue application du feu : le mâchefer commun eſt d'une autre eſpèce, & quoique vulgairement on croie que le mâchefer ne provient & même

ne peut provenir que du fer, j'ai la preuve du contraire. Le mâchefer eſt à la vérité une matière produite par le feu, mais pour le former il n'eſt pas néceſſaire d'employer du fer ni aucun autre métal; avec du bois & du charbon brûlé & pouſſé à un feu violent, on obtiendra du mâchefer en aſſez grande quantité; & ſi l'on prétend que ce mâchefer ne vient que du fer contenu dans le bois (parce que tous les végétaux en contiennent plus ou moins), je demande pourquoi l'on ne peut pas en tirer du fer même une plus grande quantité qu'on en tire du bois, dont la ſubſtance eſt ſi différente de celle du fer. Dès que ce fait me fut connu par l'expérience, il me fournit l'intelligence d'un autre fait qui m'avoit paru inexplicable juſques alors. On trouve dans les terres élevées, & ſur-tout dans des forêts où il n'y a ni rivières ni ruiſſeaux, & où par conſéquent il n'y a jamais eu de forges, non plus qu'aucun indice de volcan ou de feux ſouterrains; on trouve, dis-je, ſouvent des gros blocs de mâchefer que deux hommes auroient peine à enlever; j'en ai vus pour la première fois en 1745,

à Montigny-l'Encoupe, dans les forêts de M. de Trudaine; j'en ai fait chercher & trouvé depuis dans nos bois de Bourgogne, qui sont encore plus éloignés de l'eau que ceux de Montigny; on en a trouvé en plusieurs endroits: les petits morceaux m'ont paru provenir de quelques fourneaux de charbon qu'on aura laissé brûler, mais les gros ne peuvent venir que d'un incendie dans la forêt lorsqu'elle étoit en pleine venue, & que les arbres y étoient assez grands & assez voisins pour produire un feu très-violent & très-long-temps nourri.

Le mâchefer, qu'on peut regarder comme un résidu de la combustion du bois, contient du fer; & l'on verra dans un autre Mémoire les expériences que j'ai faites, pour reconnoître par ce résidu la quantité de fer qui entre dans la composition des végétaux. Et cette terre morte ou cette chaux dans laquelle le fer se réduit par la trop longue action du feu, ne m'a pas paru contenir plus de fer que le mâchefer du bois, ce qui semble prouver que le fer est comme le bois une matière combustible, que le feu peut également

dévorer en l'appliquant seulement plu
violemment & plus long-temps. Plin
dit, avec grande raison, *ferrum accensu*
igni, nisi duretur ictibus, corrumpitur (c)
On en sera persuadé si l'on observe dan
une forge la première loupe que l'on tir
de la gueuse, cette loupe est un morceau
de fer fondu pour la seconde fois, & qu
n'a pas encore été forgé, c'est-à-dire, con
solidé par le marteau; lorsqu'on le tire d
la chaufferie où il vient de subir le feu l
plus violent, il est rougi à blanc, il jett
non-seulement des étincelles ardentes
mais il brûle réellement d'une flamme très
vive qui consommeroit une partie de l
substance si on tardoit trop de temps
porter cette loupe sous le marteau; ce fe
seroit, pour ainsi dire, détruit avant qu
d'être formé, il subiroit l'effet comple
de la combustion si le coup du marteau
en rapprochant ses parties trop divisée
par le feu, ne commençoit à lui faire
prendre le premier degré de sa ténacité
On le tire dans cet état & encore tou
rouge de dessous le marteau, & on le

(c) Hist. nat. *lib. XXXIV, cap. XV.*

reporte au foyer de l'affinerie où il se pénètre d'un nouveau feu; lorsqu'il est blanc on le transporte de même & le plus promptement possible au marteau, sous lequel il se consolide & s'étend beaucoup plus que la première fois; enfin on remet encore cette pièce au feu & on la reporte au marteau, sous lequel on l'achève en entier. C'est ainsi qu'on travaille tous les fers communs, on ne leur donne que deux ou tout au plus trois volées de marteau, aussi n'ont-ils pas à beaucoup près la ténacité qu'ils pourroient acquérir si on les travailloit moins précipitamment. La force du marteau non-seulement comprime les parties du fer trop divisées par le feu, mais en les rapprochant elle chasse les matières étrangères & le purifie en le consolidant. Le déchet du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, dont la plus grande partie se brûle, & le reste coule en fusion & forme ce qu'on appelle *les crasses du fer:* ces crasses sont plus pesantes que le mâchefer du bois, & contiennent encore une assez grande quantité de fer, qui est à la vérité très-impur & très-aigre, mais dont on peut

néanmoins tirer parti en mêlant ces crasse broyées & en petite quantité avec la min que l'on jette au fourneau ; j'ai l'expé rience qu'en mêlant un sixième de ce crasses avec cinq sixièmes de mine épurée par mes cribles, la fonte ne change pa sensiblement de qualité, mais si l'on en met davantage elle devient plus cassante sans néanmoins changer de couleur ni de grain. Mais si les mines sont moin épurées, ces crasses gâtent absolument la fonte, parce qu'étant déjà très-aigre & très-cassante par elle-même, elle le devien encore plus par cette addition de mauvais matière, en sorte que cette pratique qu peut devenir utile entre les mains d'un habile maître de l'art, produira dan d'autres mains de si mauvais effets, qu'on ne pourra se servir ni des fers ni des fontes qui en proviendront.

Il y a néanmoins des moyens, je ne dis pas de changer, mais de corriger un peu la mauvaise qualité de la fonte, & d'adoucir à la chaufferie l'aigreur du fer qui en provient. Le premier de ces moyens est de diminuer la force du vent, soit en changeant l'inclinaison de la tuyère,

soit

soit en ralentissant le mouvement des soufflets, car plus on presse le feu plus le fer devient aigre. Le second moyen, & qui est encore plus efficace, c'est de jeter sur la loupe de fer qui se sépare de la gueuse, une certaine quantité de gravier calcaire ou même de chaux toute faite; cette chaux sert de fondant aux parties vitrifiables que le fer aigre contient en trop grande quantité, & le purge de ses impuretés. Mais ce sont de petites ressources auxquelles il ne faut pas se mettre dans le cas d'avoir recours, ce qui n'arriveroit jamais si l'on suivoit les procédés que j'ai donnés pour faire de bonne fonte *(i)*.

Lorsqu'on fait travailler les Affineurs à leur compte & qu'on les paye au millier, ils font comme les Fondeurs, le plus de fer qu'ils peuvent dans leur semaine, ils construisent le foyer de leur chaufferie de la manière la plus avantageuse pour eux, ils pressent le feu, trouvent que les soufflets ne donnent jamais assez de vent,

(i) On trouvera ces procédés dans mes Mémoires sur la fusion des mines de fer.

ils travaillent moins la loupe & font ordinairement en deux chaudes ce qui en exigeroit au moins trois ; on ne sera donc jamais sûr d'avoir du fer d'une bonne & même qualité qu'en payant les ouvriers au mois, & en faisant casser à la fin de chaque semaine quelques barres du fer qu'ils livrent, pour reconnoître s'ils ne se sont pas ou trop pressés ou négligés. Le fer en bandes plates est toujours plus nerveux que le fer en barreaux ; s'il se trouve deux tiers de nerf sur un tiers de grain dans les bandes, on ne trouvera dans les barreaux, quoique faits de même étoffe, qu'environ un tiers de nerf sur deux tiers de grain, ce qui prouve bien clairement que la plus ou moins grande force du fer vient de la différente application du marteau ; s'il frappe plus constamment, plus fréquemment sur un même plan, comme celui des bandes plates, il en rapproche & en réunit mieux les parties, que s'il frappe presque alternativement sur deux plans différens pour faire les barreaux quarrés : aussi est-il plus difficile de bien souder du barreau que de la bande, & lorsqu'on veut faire du fer de *tirerie*,

qui doit être en barreaux de treize lignes & d'un fer très-nerveux & assez ductile pour être converti en fil de fer, il faut le travailler plus lentement à l'affinerie, ne le tirer du feu que quand il est presque fondant & le faire suer sous le marteau le mieux qu'il est possible, afin de lui donner tout le nerf dont il est susceptible sous cette forme quarrée, qui est la plus ingrate, mais qui paroît nécessaire ici, parce qu'il faut ensuite tirer de ces barreaux, qu'on coupe environ à quatre pieds, une verge de dix-huit ou vingt pieds par le moyen du martinet, sous lequel on l'alonge après l'avoir chauffée; c'est ce qu'on appelle de la *verge crénelée*, elle est quarrée comme le barreau dont elle provient, & porte sur les quatre faces des enfoncemens successifs, qui sont les empreintes profondes de chaque coup du martinet ou petit marteau sous lequel on la travaille. Ce fer doit être de la plus grande ductilité pour passer jusqu'à la plus petite filière, & en même temps il ne faut pas qu'il soit trop doux, mais assez ferme pour ne pas donner trop de déchet; ce point est assez difficile à saisir, aussi n'y a-t-il en

France que deux ou trois forges dont on puiſſe tirer ces fers pour les fileries.

La bonne fonte eſt à la vérité la baſe de tout bon fer, mais il arrive ſouvent que par de mauvaiſes pratiques on gâte ce bon fer. Une de ces mauvaiſes pratiques, la plus généralement répandue, & qui détruit le plus le nerf & la ténacité du fer, c'eſt l'uſage où ſont les ouvriers de preſque toutes les forges, de tremper dans l'eau la première portion de la pièce qu'ils viennent de travailler, afin de pouvoir la manier & la reprendre plus promptement: j'ai vu, avec quelque ſurpriſe, la prodigieuſe différence qu'occaſionne cette trempe, ſur-tout en hiver & lorſque l'eau eſt froide, non-ſeulement elle rend caſſant le meilleur fer, mais même elle en change le grain & en détruit le nerf, au point qu'on n'imagineroit pas que c'eſt le même fer, ſi l'on n'en étoit pas convaincu par ſes yeux en faiſant caſſer l'autre bout du même barreau, qui n'ayant point été trempé, conſerve ſon nerf & ſon grain ordinaire. Cette trempe en été fait beaucoup moins de mal, mais en fait toujours un peu: & ſi l'on veut avoir du fer toujours

de la même bonne qualité, il faut abſolument proſcrire cet uſage, ne jamais tremper le fer chaud dans l'eau, & attendre, pour le manier, qu'il ſe refroidiſſe à l'air.

Il faut que la fonte ſoit bien bonne pour produire du fer auſſi nerveux, auſſi tenace que celui qu'on peut tirer des vieilles ferrailles refondues, non pas en les jetant au fourneau de fuſion, mais en les mettant au feu de l'affinerie; tous les ans on achette pour mes forges une aſſez grande quantité de ces vieilles ferrailles, dont, avec un peu de ſoin, l'on fait d'excellent fer. Mais il y a du choix dans ces ferrailles; celles qui proviennent des rognures de la tôle ou des morceaux caſſés du fil de fer, qu'on appelle des *riblons*, ſont les meilleurs de toutes, parce qu'elles ſont d'un fer plus pur que les autres; on les achette auſſi quelque choſe de plus, mais en général ces vieux fers, quoique de qualité médiocre, en produiſent de très-bon lorſqu'on ſait les traiter. Il ne faut jamais les mêler avec la fonte, ſi même il s'en trouve quelques morceaux parmi les ferrailles, il faut les ſéparer; il faut auſſi mettre une certaine quantité de

craſſes dans le foyer, & le feu doit être moins pouſſé, moins violent que pour le travail du fer en gueuſe, ſans quoi l'on brûleroit une grande partie de ſa ferraille qui, quand elle eſt bien traitée & de bonne qualité, ne donne qu'un cinquième de déchet, & conſomme moins de charbon que le fer de la gueuſe. Les craſſes qui ſortent de ces vieux fers, ſont en bien moindre quantité, & ne conſervent pas à beaucoup près autant de particules de fer que les autres. Avec des riblons qu'on renvoie des fileries que fourniſſent mes forges, & des rognures de tôle ciſaillées que je fais fabriquer, j'ai ſouvent fait du fer qui étoit tout nerf, & dont le déchet n'étoit preſque que d'un ſixième; tandis que le déchet du fer en gueuſe eſt communément du double, c'eſt-à-dire, d'un tiers, & ſouvent de plus du tiers ſi l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité.

M. de Montbeillard, Lieutenant-colonel au régiment royal d'Artillerie, ayant été chargé pendant pluſieurs années de l'inſpection des manufactures d'armes à Charleville, Maubeuge & Saint-Étienne, a bien voulu me communiquer un Mémoire

qu'il a présenté au Ministre, & dans lequel il traite de cette fabrication du fer avec de vieilles ferrailles, il dit, avec grande raison, « que les ferrailles qui ont beaucoup de surface, & celles qui proviennent des « vieux fers & clous de chevaux ou « fragmens de petits cylindres ou quarrés « tords, ou des anneaux & boucles, toutes « pièces qui supposent que le fer qu'on a « employé pour les fabriquer étoit souple, « liant & susceptible d'être plié, étendu « ou tordu, doivent être préférées & « recherchées pour la fabrication des « canons de fusil ». On trouve dans ce même Mémoire de M. de Montbeillard d'excellentes réflexions sur les moyens de perfectionner les armes à feu, & d'en assurer la résistance par le choix du bon fer & par la manière de le traiter; l'Auteur rapporte une très-bonne expérience *(k)*,

(k) Qu'on prenne une barre de fer, large de deux à trois pouces, épaisse de deux à trois lignes, qu'on la chauffe au rouge, & qu'avec la panne du marteau on y pratique dans sa longueur une cannelure ou cavité, qu'on la plie sur elle-même pour la doubler & corroyer, l'on remplira ensuite la cannelure des écailles ou pailles en question; on lui

qui prouve clairement que les vieilles ferrailles & même les écailles ou exfoliations qui ſe détachent de la ſurface du fer, & que bien des gens prennent pour des ſcories, ſe ſoudent enſemble de la manière la plus intime, & que par conſéquent le fer qui en provient eſt d'auſſi bonne & peut-être de meilleure qualité qu'aucun autre. Mais en même temps il conviendra avec moi, & il obſerve même dans la ſuite de ſon Mémoire, que cet excellent fer ne doit pas être employé ſeul, par la raiſon même qu'il

---

donnera une chaude douce d'abord en rabattant les bords, pour empêcher qu'elles ne s'échappent, & on battra la barre comme on le pratique pour corroyer le fer avant de la chauffer au blanc; on la chauffera enſuite blanche & fondante, & la pièce foudera à merveille, on la caſſera à froid & l'on n'y verra rien qui annonce que la ſoudure n'ait pas été complète & parfaite, & que toutes les parties du fer ne ſe ſoient pas pénétrées réciproquement ſans laiſſer aucun eſpace vide. J'ai fait cette expérience aiſée à répéter, qui doit raſſurer ſur les pailles, ſoit qu'elles ſoient plates ou qu'elles aient la forme d'aiguilles, puiſqu'elles ne ſont autre choſe que du fer, comme la barre avec laquelle on les incorpore, où elles ne forment plus qu'une même maſſe avec elle.

eſt trop parfait; & en effet, un fer qui, ſortant de la forge, a toute ſa perfection, n'eſt excellent que pour être employé tel qu'il eſt, ou pour des ouvrages qui ne demandent que des chaudes douces; car toute chaude vive, toute chaleur à blanc le dénature; j'en ai fait des épreuves plus que réitérées ſur des morceaux de toute groſſeur; le petit fer ſe dénature un peu moins que le gros, mais tous deux perdent la plus grande partie de leur nerf dès la première chaude à blanc; une ſeconde chaude pareille change & achève de détruire le nerf, elle altère même la qualité du grain qui, de fin qu'il étoit, devient groſſier & brillant comme celui du fer le plus commun; une troiſième chaude rend ces grains encore plus gros, & laiſſe déjà voir entre leurs interſtices des parties noires de matière brûlée; enfin en continuant de lui donner des chaudes, on arrive au dernier degré de ſa décompoſition, & on le réduit en une terre morte qui ne paroît plus contenir de ſubſtance métallique, & dont on ne peut faire aucun uſage. Car cette terre morte n'a pas, comme la plupart des autres chaux

métalliques, la propriété de ſe revivifier par l'application des matières combuſtibles; elle ne contient guère plus de fer que le mâchefer commun tiré du charbon des végétaux; au lieu que les chaux des autres métaux ſe revivifient preſque en entier ou du moins en très-grande partie, & cela achève de démontrer que le fer eſt une matière preſqu'entièrement combuſtible.

Ce fer que l'on tire, tant de cette terre ou chaux de fer, que du mâchefer provenant du charbon, m'a paru d'une ſingulière qualité, il eſt très-magnétique & très-infuſible, j'ai trouvé du petit ſable noir auſſi magnétique, auſſi indiſſoluble, & preſque infuſible dans quelques-unes des mines que j'ai fait exploiter; ce ſablon ferrugineux & magnétique ſe trouve mêlé avec les grains de mine qui ne le ſont point du tout, & provient certainement d'une cauſe toute autre: le feu a produit ce ſablon magnétique, & l'eau les grains de mine; & lorſque par haſard ils ſe trouvent mélangés, c'eſt que le haſard a fait qu'on a brûlé de grands amas de bois, ou qu'on a fait des fourneaux de charbon ſur le terrein qui renferme les

mines ; & que ce sablon ferrugineux qui n'est que le détriment du mâchefer que l'eau ne peut ni rouiller ni dissoudre, a pénétré par la filtration des eaux auprès des lits de mine en grains, qui souvent ne sont qu'à deux ou trois pieds de profondeur. On a vu dans le Mémoire précédent, que ce sablon ferrugineux qui provient du mâchefer des végétaux, ou si l'on veut du fer brûlé autant qu'il peut l'être, paroît être le même à tous égards que celui qui se trouve dans la platine.

Le fer le plus parfait est celui qui n'a presque point de grain, & qui est entièrement d'un nerf de gris-cendré ; le fer à nerf noir est encore très-bon, & peut-être est-il préférable au premier pour tous les usages où il faut chauffer plus d'une fois ce métal avant de l'employer ; le fer de la troisième qualité & qui est moitié nerf & moitié grain, est le fer par excellence pour le commerce, parce qu'on peut le chauffer deux ou trois fois sans le dénaturer ; le fer sans nerf, mais à grain fin, sert aussi pour beaucoup d'usages, mais les fers sans nerf & à gros grains, devroient être proscrits & sont le

plus grand tort dans la ſociété, parce que malheureuſement ils y ſont cent fois plus communs que les autres. Il ne faut qu'un coup d'œil à un homme exercé pour connoître la bonne ou la mauvaiſe qualité du fer, mais les gens qui le font employer, ſoit dans leurs bâtimens, ſoit à leurs équipages, ne s'y connoiſſent ou n'y regardent pas, & payent ſouvent, comme très-bon, du fer que le fardeau fait rompre ou que la rouille détruit en peu de temps.

Autant les chaudes vives & pouſſées juſqu'au blanc, détériorent le fer, autant les chaudes douces où l'on ne le rougit que couleur de ceriſe, ſemblent l'améliorer; c'eſt par cette raiſon que les fers deſtinés à paſſer à la fenderie ou à la batterie, ne demandent pas à être fabriqués avec autant de ſoin que ceux qu'on appelle *fers marchands*, qui doivent avoir toute leur qualité. Le fer de tirerie fait une claſſe à part, il ne peut être trop pur, s'il contenoit des parties hétérogènes il deviendroit très-caſſant aux dernières filières; or il n'y a d'autre moyen de le rendre pur que de le faire bien ſuer en le chauffant

la première fois jusqu'au blanc, & le martelant avec autant de force que de précaution, & ensuite en le faisant encore chauffer à blanc afin d'achever de le dépurer sous le martinet en l'alongeant pour en faire de la verge crénelée. Mais les fers destinés à être refendus pour en faire de la verge ordinaire, des fers aplatis, des languettes pour la tôle, tous les fers en un mot qu'on doit passer sous les cylindres, n'exigent pas le même degré de perfection, parce qu'ils s'améliorent au four de la fenderie, où l'on n'emploie que du bois, & dans lequel tous ces fers ne prennent une chaleur que du second degré, d'un rouge couleur de feu, qui est suffisant pour les amollir, & leur permet de s'aplatir & de s'étendre sous les cylindres & de se fendre ensuite sous les taillans. Néanmoins si l'on veut avoir de la verge bien douce, comme celle qui est nécessaire pour les clous à maréchal; si l'on veut des fers aplatis qui aient beaucoup de nerf, comme doivent être ceux qu'on emploie pour les roues, & particulièrement les bandages qu'on fait d'une seule pièce, dans lesquels il faut au

moins un tiers de nerf; les fers qu'on livre à la fenderie doivent être de bonne qualité, c'eſt-à-dire, avoir au moins un tiers de nerf, car j'ai obſervé que le feu doux du four & la forte compreſſion des cylindres rendent à la vérité le grain du fer un peu plus fin, & donnent même du nerf à celui qui n'avoit que du grain très-fin, mais ils ne convertiſſent jamais en nerf le gros grain des fers communs; en ſorte qu'avec du mauvais fer à gros grains on pourra faire de la verge & des fers aplatis dont le grain ſera moins gros, mais qui ſeront toujours trop caſſans pour être employés aux uſages dont je viens de parler.

Il en eſt de même de la tôle, on ne peut pas employer de trop bonne étoffe pour la faire, & il eſt bien fâcheux qu'on faſſe tout le contraire; car preſque toutes nos tôles en France ſe font avec du fer commun; elles ſe rompent en les pliant, & ſe brûlent ou pourriſſent en peu de temps; tandis que de la tôle faite comme celle de Suède ou d'Angleterre, avec du bon fer bien nerveux, ſe tordra cent fois ſans rompre, & durera peut-être vingt

fois plus que les autres. On en fait à mes forges de toute grandeur & de toute épaisseur, on en emploie à Paris pour les casseroles & autres pièces de cuisine qu'on étame & qu'on a raison de préférer aux casseroles de cuivre. On a fait avec cette même tôle grand nombre de poëles, de chaîneaux, de tuyaux, & j'ai depuis quatre ans l'expérience mille fois réitérée, qu'elle peut durer comme je viens de le dire, soit au feu, soit à l'air, beaucoup plus que les tôles communes, mais comme elle est un peu plus chère, le débit en est moindre, & l'on n'en demande que pour de certains usages particuliers auxquels les autres tôles ne pourroient être employées. Lorsqu'on est au fait, comme j'y suis, du commerce des fers, on diroit qu'en France on a fait un pacte général, de ne se servir que de ce qu'il y a de plus mauvais en ce genre.

Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'excellente tôle, en faisant passer le fer des languettes sous les cylindres de la fenderie; ceux qui aplatissent ces languettes sous le martinet, après les avoir fait chauffer au charbon, sont dans un

très-mauvais uſage; le feu de charbon pouſſé par les ſoufflets, gâte le fer de ces languettes, celui du four de la fenderie ne fait que le perfectionner: d'ailleurs il en coûte plus de moitié moins pour faire les languettes au cylindre que pour les faire au martinet; ici l'intérêt s'accorde avec la théorie de l'art: il n'y a donc que l'ignorance qui puiſſe entretenir cette pratique, qui néanmoins eſt la plus générale, car il y a peut-être ſur toutes les tôles qui ſe fabriquent en France, plus des trois quarts dont les languettes ont été faites au martinet. Cela ne peut pas être autrement, me dira-t-on, toutes les batteries n'ont pas à côté d'elles une fenderie & des cylindres montés, je l'avoue & c'eſt ce dont je me plains; on a tort de permettre ces petits établiſſemens particuliers qui ne ſubſiſtent qu'en achetant dans les groſſes forges les fers au meilleur marché, c'eſt-à-dire, tous les plus médiocres, pour les fabriquer enſuite en tôle & en petits fers de la plus mauvaiſe qualité.

Un autre objet fort important ſont les fers de charrue, on ne ſauroit croire

combien la mauvaise qualité du fer dont on les fabrique fait de tort aux laboureurs, on leur livre inhumainement des fers qui cassent au moindre effort, & qu'ils sont forcés de renouveler presque aussi souvent que leurs cultures; on leur fait payer bien cher du mauvais acier dont on arme la pointe de ces fers encore plus mauvais, & le tout est perdu pour eux au bout d'un an, & souvent en moins de temps; tandis qu'en employant pour ces fers de charrue, comme pour la tôle, le fer le meilleur & le plus nerveux, on pourroit les garantir pour un usage de vingt ans, & même se dispenser d'en aciérer la pointe; car j'ai fait faire plusieurs centaines de ces fers de charrue dont j'en ai fait essayer quelques-uns sans acier, & ils se sont trouvés d'une étoffe assez ferme pour résister au labour. J'ai fait la même expérience sur un grand nombre de pioches; c'est la mauvaise qualité de nos fers qui a établi chez les taillandiers l'usage général de mettre de l'acier à ces instrumens de campagne, qui n'en auroient pas besoin s'ils étoient de bon fer fabriqué avec des languettes passées sous les cylindres.

J'avoue qu'il y a de certains uſages pour leſquels on pourroit fabriquer du fer aigre, mais encore ne faut-il pas qu'il ſoit à trop gros grain ni trop caſſant; les clous pour les petites lattes à tuile, les broquettes & autres petits clous plient lorſqu'ils ſont faits d'un fer trop doux, mais à l'exception de ce ſeul emploi, qu'on ne remplira toujours que trop, je ne vois pas qu'on doive ſe ſervir de fer aigre. Et ſi dans une bonne manufacture on en veut faire une certaine quantité, rien n'eſt plus aiſé; il ne faut qu'augmenter d'une meſure ou d'une meſure & demie de mine au fourneau, & mettre à part les gueuſes qui en proviendront, la fonte en ſera moins bonne & plus blanche. On les fera forger à part, en ne donnant que deux chaudes à chaque bande, & l'on aura du fer aigre qui ſe fendra plus aiſément que l'autre, & qui donnera de la verge caſſante.

Le meilleur fer, c'eſt-à-dire, celui qui a le plus de nerf, & par conſéquent le plus de ténacité peut éprouver cent & deux cents coups de maſſe ſans ſe rompre, & comme il faut néanmoins le caſſer pour tous les uſages de la fenderie & de la

batterie, & que cela demanderoit beaucoup de temps, même en s'aidant du ciseau d'acier, il vaut mieux faire couper sous le marteau de la forge, les barres encore chaudes à moitié de leur épaisseur, cela n'empêche pas le marteleur de les achever, & épargne beaucoup de temps au fendeur & au platineur. Tout le fer que j'ai fait casser à froid & à grands coups de masse, s'échauffe d'autant plus qu'il est plus fortement & plus souvent frappé: non-seulement il s'échauffe au point de brûler très-vivement, mais il s'aimante comme s'il eût été frotté sur un très-bon aimant. M'étant assuré de la constance de cet effet par plusieurs observations successives, je voulus voir si sans percussion je pourrois de même produire dans le fer la vertu magnétique; je fis prendre pour cela une verge de trois lignes de grosseur de mon fer le plus liant, & que je connoissois pour être très-difficile à rompre, & l'ayant fait plier & replier, par les mains d'un homme fort, sept ou huit fois de suite sans pouvoir la rompre, je trouvai le fer très-chaud au point où on l'avoit plié, & il avoit en même temps toute la vertu

d'un barreau bien aimanté; j'aurai occasion dans la suite de revenir à ce phénomène qui tient de très-près à la théorie du magnétisme & de l'électricité, & que je ne rapporte ici que pour démontrer que plus une matière est tenace, c'est-à-dire, plus il faut d'efforts pour la diviser, plus elle est près de produire de la chaleur & tous les autres effets qui peuvent en dépendre, & prouver en même temps que la simple pression produisant le frottement des parties intérieures, équivaut à l'effet de la plus violente percussion.

On soude tous les jours le fer avec lui-même ou sur lui-même, mais il faut la plus grande précaution pour qu'il ne se trouve pas un peu plus foible aux endroits des soudures; car pour réunir & souder les deux bouts d'une barre, on les chauffe jusqu'au blanc le plus vif, le fer dans cet état est tout prêt à fondre, il n'y arrive pas sans perdre toute sa ténacité, & par conséquent tout son nerf; il ne peut donc en reprendre dans toute cette partie qu'on soude, que par la percussion des marteaux dont deux ou trois ouvriers font succéder les coups le plus vîte qu'il leur est possible,

mais cette percuſſion eſt très-foible & même lente en comparaiſon de celle du marteau de la forge ou même de celle du martinet; ainſi l'endroit ſoudé, quelque bonne que ſoit l'étoffe, n'aura que peu de nerf & ſouvent point du tout ſi l'on n'a pas bien ſaiſi l'inſtant où les deux morceaux ſont également chauds, & ſi le mouvement du marteau n'a pas été aſſez prompt & aſſez fort pour les bien réunir. Auſſi quand on a des pièces importantes à ſouder, on fera bien de le faire ſous les martinets les plus prompts. La ſoudure dans les canons des armes à feu, eſt une des choſes les plus importantes; M. de Montbeillard, dans le Mémoire que j'ai cité ci-deſſus, donne de très-bonnes vues ſur cet objet, & même des expériences déciſives: je crois avec lui, que comme il faut chauffer à blanc nombre de fois la bande ou *maquette* pour ſouder le canon dans toute ſa longueur, il ne faut pas employer du fer qui ſeroit au dernier degré de ſa perfection, parce qu'il ne pourroit que ſe détériorer par ces fréquentes chaudes vives; qu'il faut au contraire choiſir le fer qui, n'étant

pas encore auſſi épuré qu'il peut l'être, gagnera plutôt de la qualité qu'il n'en perdra par ces nouvelles chaudes, mais cet article ſeul demanderoit un grand travail fait & dirigé par un homme auſſi éclairé que M. de Montbeillard, & l'objet en eſt d'une ſi grande importance pour la vie des hommes & pour la gloire de l'État, qu'il mérite la plus grande attention.

Le fer ſe décompoſe par l'humidité comme par le feu; il attire l'humide de l'air, s'en pénètre & ſe rouille, c'eſt-à-dire, ſe convertit en une eſpèce de terre ſans liaiſon, ſans cohérence; cette converſion ſe fait en aſſez peu de temps dans les fers qui ſont de mauvaiſe qualité ou mal fabriqués: ceux dont l'étoffe eſt bonne, & dont les ſurfaces ſont bien liſſes ou polies ſe défendent plus long-temps, mais tous ſont ſujets à cette eſpèce de mal, qui de la ſuperficie gagne aſſez promptement l'intérieur, & détruit avec le temps le corps entier du fer. Dans l'eau il ſe conſerve beaucoup mieux qu'à l'air, & quoiqu'on s'aperçoive de ſon altération par la couleur noire qu'il y prend

après un long séjour, il n'est point dénaturé, il peut être forgé, au lieu que celui qui a été exposé à l'air pendant quelques siècles, & que les ouvriers appellent du *fer luné*, parce qu'ils s'imaginent que la lune le mange, ne peut ni se forger ni servir à rien ; à moins qu'on ne le revivifie comme les rouilles & les safrans de mars, ce qui coûte communément plus que le fer ne vaut. C'est en ceci que consiste la différence des deux décompositions du fer ; dans celle qui se fait par le feu, la plus grande partie du fer se brûle & s'exhale en vapeurs comme les autres matières combustibles, il ne reste qu'un mâchefer qui contient, comme celui du bois, une petite quantité de matière très-attirable par l'aimant qui est bien du vrai fer, mais qui m'a paru d'une nature singulière & semblable comme je l'ai dit, au sablon ferrugineux qui se trouve en si grande quantité dans la platine. La décomposition par l'humidité ne diminue pas à beaucoup près autant que la combustion, la masse du fer, mais elle en altère toutes les parties au point de leur faire perdre leur

vertu magnétique, leur cohérence & leur couleur métallique; c'eſt de cette rouille ou terre de fer que ſont en grande partie compoſées les mines en grain, l'eau après avoir atténué ces particules de rouille & les avoir réduites en molécules ſenſibles, les charie & les dépoſe par filtration dans le ſein de la terre, où elles ſe réuniſſent en grain par une ſorte de criſtalliſation qui ſe fait comme toutes les autres, par l'attraction mutuelle des molécules analogues; & comme cette rouille de fer étoit privée de la vertu magnétique, il n'eſt pas étonnant que les mines en grain qui en proviennent, en ſoient également dépourvues. Ceci me paroît démontrer d'une manière aſſez claire, que le magnétiſme ſuppoſe l'action précédente du feu; que c'eſt une qualité particulière que le feu donne au fer, & que l'humidité de l'air lui enlève en le décompoſant.

Si l'on met dans un vaſe une grande quantité de limaille de fer pure, qui n'a pas encore pris de rouille, & ſi on la couvre d'eau, on verra en la laiſſant ſécher, que cette limaille ſe réunit par ce ſeul intermède, au point de faire une maſſe

de

de fer assez solide, pour qu'on ne puisse la casser qu'à coups de masse; ce n'est donc pas précisément l'eau qui décompose le fer & qui produit la rouille, mais plutôt les sels & les vapeurs sulfureuses de l'air, car on sait que le fer se dissout très-aisément par les acides & par le soufre. En présentant une verge de fer bien rouge à une bille de soufre, le fer coule dans l'instant, & en le recevant dans l'eau, on obtient des grenailles qui ne sont plus du fer ni même de la fonte; car j'ai éprouvé qu'on ne pouvoit pas les réunir au feu pour les forger, c'est une matière qu'on ne peut comparer qu'à la pyrite martiale, dans laquelle le fer paroît être également décomposé par le soufre; & je crois que c'est par cette raison que l'on trouve presque par-tout à la surface de la terre & sous les premiers lits de ses couches extérieures, une assez grande quantité de ces pyrites, dont le grain ressemble à celui du mauvais fer, mais qui n'en contiennent qu'une très-petite quantité, mêlée avec beaucoup d'acide vitriolique & plus ou moins de soufre.

CINQUIÈME MÉMOIRE.

Expériences ſur les effets de la Chaleur obſcure.

POUR reconnoître les effets de la chaleur obſcure, c'eſt-à-dire, de la chaleur privée de lumière, de flamme & de feu libre, autant qu'il eſt poſſible, j'ai fait quelques expériences en grand, dont les réſultats m'ont paru très-intéreſſans.

Première Expérience.

ON a commencé ſur la fin d'août 1772, à mettre des braiſes ardentes dans le creuſet du grand fourneau qui ſert à fondre la mine de fer pour la couler en gueuſes, ces braiſes ont achevé de ſécher les mortiers qui étoient faits de glaiſe mêlée par égale portion avec du ſable vitreſcible. Le fourneau avoit 23 pieds de hauteur. On a jeté par le gueulard (c'eſt ainſi qu'on appelle l'ouverture ſupérieure du fourneau) les charbons ardens que l'on

tiroit des petits fourneaux d'expériences, on a mis successivement une assez grande quantité de ces braises pour remplir le bas du fourneau jusqu'à la cuve (c'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité du fourneau), ce qui dans celui-ci montoit à 7 pieds 2 pouces de hauteur perpendiculaire depuis le fond du creuset. Par ce moyen on a commencé de donner au fourneau une chaleur modérée qui ne s'est pas fait sentir dans la partie la plus élevée.

Le 10 septembre, on a vidé toutes ces braises réduites en cendres par l'ouverture du creuset, & lorsqu'il a été bien nettoyé on y a mis quelques charbons ardens & d'autres charbons par-dessus, jusqu'à la quantité de 600 livres pesant; ensuite on a laissé prendre le feu, & le lendemain 11 septembre, on a achevé de remplir le fourneau avec 4800 livres de charbon, ainsi il contient en tout 5400 livres de charbon qui y ont été portées en cent trente-cinq corbeilles de 40 livres chacune, tare faite.

On a laissé pendant ce temps l'entrée du creuset ouverte, & celle de la tuyère bien bouchée pour empêcher le feu de

ſe communiquer aux ſoufflets. La première impreſſion de la grande chaleur, produite par le long ſéjour des braiſes ardentes & par cette première combuſtion du charbon, s'eſt marquée par une petite fente qui s'eſt faite dans la pierre du fond à l'entrée du creuſet, & par une autre fente qui s'eſt faite dans la pierre de la tympe. Le charbon néanmoins, quoique fort allumé dans le bas, ne l'étoit encore qu'à une très-petite hauteur, & le fourneau ne donnoit au gueulard qu'aſſez peu de fumée, ce même jour 12 ſeptembre à ſix heures du ſoir; car cette ouverture ſupérieure n'étoit pas bouchée, non plus que l'ouverture du creuſet.

A neuf heures du ſoir du même jour, la flamme a percé juſqu'au-deſſus du fourneau, & comme elle eſt devenue très-vive en peu de temps, on a bouché l'ouverture du creuſet à dix heures du ſoir. La flamme quoique fort ralentie par cette ſuppreſſion du courant de l'air, s'eſt ſoutenue pendant la nuit & le jour ſuivant; en ſorte que le lendemain 13 ſeptembre, vers les quatre heures du ſoir, le charbon avoit baiſſé d'un peu plus de 4 pieds.

On a rempli ce vide à cette même heure avec onze corbeilles de charbon, pesant ensemble 440 livres; ainsi le fourneau a été chargé en tout de 5840 livres de charbon.

Ensuite on a bouché l'ouverture supérieure du fourneau avec un large couvercle de forte tôle, garnie tout autour avec du mortier de glaise & sable mêlé de poudre de charbon, & chargé d'un pied d'épaisseur de cette poudre de charbon mouillée; pendant que l'on bouchoit, on a remarqué que la flamme ne laissoit pas de retentir assez fortement dans l'intérieur du fourneau; mais en moins d'une minute la flamme a cessé de retentir, & l'on n'entendoit plus aucun bruit ni murmure, en sorte qu'on auroit pu penser que l'air n'ayant point d'accès dans la cavité du fourneau, le feu y étoit entièrement étouffé.

On a laissé le fourneau ainsi bouché par-tout, tant au-dessus qu'au-dessous, depuis le 13 septembre jusqu'au 28 du même mois, c'est-à-dire, pendant quinze jours. J'ai remarqué pendant ce temps, que quoiqu'il n'y eût point de flamme

dans le fourneau, ni même de feu lumineux, la chaleur ne laiſſoit pas d'augmenter & de ſe communiquer autour de la cavité du fourneau.

Le 28 ſeptembre, à dix heures du matin, on a débouché l'ouverture ſupérieure du fourneau avec précaution, dans la crainte d'être ſuffoqué par la vapeur du charbon; j'ai remarqué avant de l'ouvrir, que la chaleur avoit gagné juſqu'à 4 pieds $\frac{1}{2}$ dans l'épaiſſeur du maſſif qui forme la tour du fourneau; cette chaleur n'étoit pas fort grande aux environs de la *bure* (c'eſt ainſi qu'on appelle la partie ſupérieure du fourneau qui s'élève au-deſſus de ſon terre-plein). Mais à meſure qu'on approchoit de la cavité, les pierres étoient déjà ſi fort échauffées, qu'il n'étoit pas poſſible de les toucher un inſtant: les mortiers dans les joints des pierres étoient en partie brûlés, & il paroiſſoit que la chaleur étoit beaucoup plus grande encore dans le bas du fourneau, car les pierres du deſſus de la tympe & de la tuyère, étoient exceſſivement chaudes dans toute leur épaiſſeur juſqu'à 4 ou 5 pieds.

Au moment qu'on a débouché le

gueulard du fourneau, il en eſt ſorti une vapeur ſuffoquante, dont il a fallu s'éloigner, & qui n'a pas laiſſé de faire mal à la tête à la plupart des aſſiſtans. Lorſque cette vapeur a été diſſipée, on a meſuré de combien le charbon enfermé & privé d'air courant pendant quinze jours, avoit diminué, & l'on a trouvé qu'il avoit baiſſé de 14 pieds 5 pouces de hauteur; en ſorte que le fourneau étoit vide dans toute ſa partie ſupérieure juſqu'auprès de la cuve.

Enſuite j'ai obſervé la ſurface de ce charbon, & j'y ai vu une petite flamme qui venoit de naître, il étoit abſolument noir & ſans flamme auparavant. En moins d'une heure cette petite flamme bleuâtre eſt devenue rouge dans le centre, & s'élevoit alors d'environ 2 pieds au-deſſus du charbon.

Une heure après avoir débouché le gueulard, j'ai fait déboucher l'entrée du creuſet: la première choſe qui s'eſt préſentée à cette ouverture n'a pas été du feu comme on auroit pu le préſumer, mais des ſcories provenans du charbon, & qui reſſembloient à du mâchefer léger;

ce mâchefer étoit en assez grande quantité, & rempliſſoit tout l'intérieur du creuſet, depuis la tympe à la ruſtine; & ce qu'il y a de ſingulier, c'eſt que quoiqu'il ne ſe fût formé que par une grande chaleur, il avoit intercepté cette même chaleur au-deſſus du creuſet, en ſorte que les parties de ce mâchefer qui étoient au fond, n'étoient, pour ainſi dire, que tièdes; néanmoins elles s'étoient attachées au fond & aux parois du creuſet; & elles en avoient réduit en chaux quelques portions juſqu'à plus de trois ou quatre pouces de profondeur.

J'ai fait tirer ce mâchefer & l'ai fait mettre à part pour l'examiner; on a auſſi tiré la chaux du creuſet & des environs, qui étoit en aſſez grande quantité. Cette calcination qui s'eſt faite par ce feu ſans flamme, m'a paru provenir en partie de l'action de ces ſcories du charbon. J'ai penſé que ce feu ſourd & ſans flamme étoit trop ſec, & je crois que ſi j'avois mêlé quelque portion de laitier, ou de terre vitreſcible avec le charbon, cette terre auroit ſervi d'aliment à la chaleur, & auroit rendu des matières fondantes qui

auroient préſervé de la calcination la ſurface de l'ouvrage du fourneau.

Quoi qu'il en ſoit, il réſulte de cette expérience, que la chaleur ſeule, c'eſt-à-dire, la chaleur obſcure, renfermée, & privée d'air autant qu'il eſt poſſible, produit néanmoins avec le temps des effets ſemblables à ceux du feu le plus actif & le plus lumineux. On ſait qu'il doit être violent pour calciner la pierre. Ici c'étoit de toutes les pierres calcaires la moins calcinable, c'eſt-à-dire, la plus réſiſtante au feu, que j'avois choiſie pour faire conſtruire l'ouvrage & la cheminée de mon fourneau; toute cette pierre d'ailleurs avoit été taillée & poſée avec ſoin, les plus petits quartiers avoient un pied d'épaiſſeur, un pied & demi de largeur, ſur trois & quatre pieds de longueur, & dans ce gros volume la pierre eſt encore bien plus difficile à calciner que quand elle eſt réduite en moellons. Cependant cette ſeule chaleur a non-ſeulement calciné ces pierres à près d'un demi-pied de profondeur dans la partie la plus étroite & la plus froide du fourneau, mais encore a brûlé en même temps les mortiers faits

de glaiſe & de ſable ſans les faire fondre, ce que j'aurois mieux aimé, parce qu'alors les joints de la bâtiſſe du fourneau ſe ſeroient conſervés pleins, au lieu que la chaleur ayant ſuivi la route de ces joints, a encore calciné les pierres ſur toutes les faces des joints. Mais pour faire mieux entendre les effets de cette chaleur obſcure & concentrée, je dois obſerver : 1.° Que le maſſif du fourneau étant de 28 pieds d'épaiſſeur de deux faces, & de 24 pieds d'épaiſſeur des deux autres faces, & la cavité où étoit contenu le charbon n'ayant que 6 pieds dans ſa plus grande largeur, les murs pleins qui environnent cette cavité avoient 9 pieds d'épaiſſeur de maçonnerie à chaux & ſable aux parties les moins épaiſſes; que par conſéquent on ne peut pas ſuppoſer qu'il ait paſſé de l'air à travers ces murs de 9 pieds: 2.° Que cette cavité qui contenoit le charbon, ayant été bouchée en bas à l'endroit de la coulée avec un mortier de glaiſe mêlé de ſable d'un pied d'épaiſſeur, & à la tuyère qui n'a que quelques pouces d'ouverture, avec ce même mortier dont on ſe ſert pour tous les bouchages;

il n'eſt pas à préſumer qu'il ait pu entrer de l'air par ces deux ouvertures : 3.° Que le gueulard du fourneau ayant de même été fermé avec une plaque de forte tôle lutée, & recouverte avec le même mortier, ſur environ ſix pouces d'épaiſſeur, & encore environnée & ſurmontée de pouſſière de charbon mêlé avec ce mortier, ſur ſix autres pouces de hauteur, tout accès à l'air par cette dernière ouverture étoit interdit. On peut donc aſſurer qu'il n'y avoit point d'air circulant dans toute cette cavité, dont la capacité étoit de 330 pieds cubes, & que l'ayant remplie de 5400 livres de charbon, le feu étouffé dans cette cavité n'a pu ſe nourrir que de la petite quantité d'air contenue dans les intervalles que laiſſoient entr'eux les morceaux de charbon; & comme cette matière jetée l'une ſur l'autre laiſſe de très-grands vides, ſuppoſons moitié ou même trois quarts, il n'y a donc eu dans cette cavité que 165, ou tout au plus 248 pieds cubes d'air. Or, le feu du fourneau excité par les ſoufflets, conſomme cette quantité d'air en moins d'une demi-minute; & cependant il ſembleroit qu'elle a ſuffi pour

entretenir pendant quinze jours la chaleur, & l'augmenter à peu-près au même point que celle du feu libre, puisqu'elle a produit la calcination des pierres à quatre pouces de profondeur dans le bas, & à plus de deux pieds de profondeur dans le milieu & dans toute l'étendue du fourneau, ainsi que nous le dirons tout-à-l'heure. Comme cela me paroissoit assez inconcevable, j'ai d'abord pensé qu'il falloit ajouter à ces 248 pieds cubes d'air, contenus dans la cavité du fourneau, toute la vapeur de l'humidité des murs que la chaleur concentrée n'a pu manquer d'attirer, & de laquelle il n'est guère possible de faire une juste estimation. Ce sont-là les seuls alimens, soit en air, soit en vapeurs aqueuses que cette très-grande chaleur a consommés pendant quinze jours; car il ne se dégage que peu ou point d'air du charbon dans sa combustion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien séché *(a)*; cet air fixe contenu dans le bois, en est chassé par la première opération du feu qui le convertit en

(a) Hales, *Statique des Végétaux*, page 152.

charbon, & s'il en reſte, ce n'eſt qu'en ſi petite quantité qu'on ne peut pas la regarder comme le ſupplément de l'air qui manquoit ici à l'entretien du feu. Ainſi cette chaleur très-grande & qui s'eſt augmentée au point de calciner profondément les pierres, n'a été entretenue que par 248 pieds cubes d'air & par les vapeurs de l'humidité des murs ; & quand nous ſuppoſerions le produit ſucceſſif de cette humidité cent fois plus conſidérable que le volume d'air contenu dans la cavité du fourneau, cela ne feroit toujours que 24800 pieds cubes de vapeurs propres à entretenir la combuſtion ; quantité que le feu libre & animé par les ſoufflets conſommeroit en moins de 30 minutes, tandis que la chaleur ſourde ne la conſomme qu'en quinze jours.

Et ce qu'il eſt néceſſaire d'obſerver encore, c'eſt que le même feu libre & animé auroit conſumé en 11 ou 12 heures les 3600 livres de charbon que la chaleur obſcure n'a conſommé qu'en quinze jours, elle n'a donc eu que la trentième partie de l'aliment du feu libre, puiſqu'il y a eu trente fois autant de temps employé à la

consommation de la matière combustible, & en même temps il y a eu environ sept cents vingt fois moins d'air ou de vapeurs employées à cette combustion. Néanmoins les effets de cette chaleur obscure ont été les mêmes que ceux du feu libre, car il auroit fallu quinze jours de ce feu violent & animé pour calciner les pierres au même degré qu'elles l'ont été par la chaleur seule; ce qui nous démontre d'une part l'immense déperdition de la chaleur lorsqu'elle s'exhale avec les vapeurs & la flamme, & d'autre part les grands effets qu'on peut attendre de sa concentration, ou pour mieux dire, de sa coërcion, de sa détention. Car cette chaleur retenue & concentrée ayant produit les mêmes effets que le feu libre & violent, avec trente fois moins de matière combustible & sept cents vingt fois moins d'air, & étant supposée en raison composée de ces deux élémens, on doit en conclure que dans nos grands fourneaux à fondre les mines de fer, il se perd vingt-un mille fois plus de chaleur qu'il ne s'en applique, soit à la mine, soit aux parois du fourneau; en sorte qu'on imagineroit que les fourneaux de réverbère où la chaleur est plus

concentrée, devroient produire le feu le plus puissant. Cependant j'ai acquis la preuve du contraire, nos mines de fer ne s'étant pas même aglutinées par le feu de réverbère de la glacerie de Rouelles en Bourgogne, tandis qu'elles fondent en moins de 12 heures au feu de mes fourneaux à soufflets: cette différence tient au principe que j'ai donné; le feu par sa vîtesse ou par son volume, produit des effets tous différens sur certaines substances telles que la mine de fer; tandis que sur d'autres substances telle que la pierre calcaire, il peut en produire de semblables. La fusion est en général une opération prompte qui doit avoir plus de rapport avec la vîtesse du feu que la calcination qui est presque toujours lente, & qui doit dans bien des cas avoir plus de rapport au volume du feu ou à son long séjour, qu'à sa vîtesse. On verra par l'expérience suivante, que cette même chaleur retenue & concentrée n'a fait aucun effet sur la mine de fer.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

DANS ce même fourneau de 23 pieds

de hauteur, après avoir fondu de la mine de fer pendant environ quatre mois, je fis couler les dernières gueuſes en rempliſſant toujours avec du charbon, mais ſans mine, afin d'en tirer toute la matière fondue; & quand je me fus aſſuré qu'il n'en reſtoit plus, je fis ceſſer le vent, boucher exactement l'ouverture de la tuyère & celle de la coulée qu'on maçonna avec de la brique & du mortier de glaiſe mêlé de ſable. Enſuite je fis porter ſur le charbon autant de mine qu'il pouvoit en entrer dans le vide qui étoit au-deſſus du fourneau; il y en entra cette première fois vingt-ſept meſures de 60 livres, c'eſt-à-dire 1620 livres pour affleurer le niveau du gueulard, après quoi je fis boucher cette ouverture avec la même plaque de forte tôle & du mortier de glaiſe & ſable, & encore de la poudre de charbon en grande quantité: on imagine bien quelle immenſe chaleur je renfermois ainſi dans le fourneau, tout le charbon en étoit allumé du haut en bas lorſque je fis ceſſer le vent; toutes les pierres des parois étoient rouges du feu qui les pénétroit depuis quatre mois; toute cette chaleur

ne pouvoit s'exhaler que par deux petites fentes qui s'étoient faites au mur du fourneau, & que je fis remplir de bon mortier, afin de lui ôter encore ces issues: trois jours après je fis déboucher le gueulard, & je vis, avec quelque surprise, que malgré cette chaleur immense renfermée dans le fourneau, le charbon ardent, quoique comprimé par la mine & chargé de 1620 livres, n'avoit baissé que de 16 pouces en trois jours ou 72 heures. Je fis sur le champ remplir ces 16 pouces de vide avec 25 mesures de mine, pesantes ensemble 1500 livres. Trois jours après je fis déboucher cette même ouverture du gueulard, & je trouvai le même vide de 16 pouces, & par conséquent la même diminution, ou si l'on veut, le même affaissement du charbon; je fis remplir de même avec 1500 livres de mine, ainsi il y en avoit déjà 4620 livres sur le charbon qui étoit tout embrasé lorsqu'on avoit commencé de fermer le fourneau. Six jours après je fis déboucher le gueulard pour la troisième fois, & je trouvai que pendant ces six jours le charbon n'avoit baissé que de 20 pouces, que l'on remplit

avec 1860 livres de mine; enfin neuf jours après on débouche pour la quatrième fois, & je vis que pendant ces neuf derniers jours le charbon n'avoit baissé que de 21 pouces, que je fis remplir de 1920 livres de mine; ainsi il y en avoit en tout 8400 livres: on referma le gueulard avec les mêmes précautions, & le lendemain, c'est-à-dire vingt-deux jours après avoir bouché pour la première fois, je fis rompre la petite maçonnerie de briques qui bouchoit l'ouverture de la coulée en laissant toujours fermée celle du gueulard, afin d'éviter le courant d'air qui auroit enflammé le charbon. La première chose que l'on tira par l'ouverture de la coulée, furent des morceaux réduits en chaux dans l'ouvrage du fourneau; on y trouva aussi quelques petits morceaux de mâche-fer, quelques autres d'une fonte mal digérée, & environ une livre & demie de très-bon fer qui s'étoit formé par coagulation. On tira près d'un tombereau de toutes ces matières, parmi lesquelles il y avoit aussi quelques morceaux de mine brûlée & presque réduite en mauvais laitier; cette mine brûlée ne provenoit

pas de celle que j'avois fait impoſer ſur les charbons après avoir fait ceſſer le vent, mais de celle qu'on y avoit jetée ſur la fin du fondage, qui s'étoit attachée aux parois du fourneau, & qui enſuite étoit tombée dans le creuſet avec les parties de pierres calcinées auxquelles elle étoit unie.

Après avoir tiré ces matières, on fit tomber le charbon; le premier qui parut étoit à peine rouge; mais dès qu'il eut de l'air, il devint très-rouge; on ne perdit pas un inſtant à le tirer, & on l'éteignoit en même temps en jetant de l'eau deſſus. Le gueulard étant toujours bien fermé, on tira tout le charbon par l'ouverture de la coulée, & auſſi toute la mine dont je l'avois fait charger. La quantité de ce charbon tiré du fourneau, montoit à cent quinze corbeilles; en ſorte que pendant ces vingt-deux jours d'une chaleur ſi violente, il paroiſſoit qu'il ne s'en étoit conſumé que dix-ſept corbeilles, car toute la capacité du fourneau n'en contient que cent trente-cinq; & comme il y avoit 16 pouces $\frac{1}{2}$ de vide lorſqu'on le boucha, il faut déduire deux corbeilles qui auroient été néceſſaires pour remplir ce vide.

Étonné de cette exceſſivement petite conſommation du charbon pendant vingt-deux jours de l'action de la plus violente chaleur qu'on eût jamais enfermée, je regardai ces charbons de plus près, & je vis que quoiqu'ils euſſent auſſi peu perdu ſur leur volume, ils avoient beaucoup perdu ſur leur maſſe, & que quoique l'eau avec laquelle on les avoit éteints leur eût rendu du poids, ils étoient encore d'environ un tiers plus légers que quand on les avoit jetés au fourneau; cependant les ayant fait tranſporter aux petites chauſſeries des martinets & de la batterie, ils ſe trouvèrent encore aſſez bons pour chauffer, même à blanc, les petites barres de fer qu'on fait paſſer ſous ces marteaux.

On avoit tiré la mine en même temps que le charbon, & on l'avoit ſoigneuſement ſéparée & miſe à part; la très-violente chaleur qu'elle avoit eſſuyée pendant un ſi long temps ne l'avoit ni fondue ni brûlée, ni même aglutinée, le grain en étoit ſeulement devenu plus propre & plus luiſant; le ſable vitreſcible & les petits cailloux dont elle étoit mêlée ne s'étoient point fondus, & il me parut qu'elle n'avoit

perdu que l'humidité qu'elle contenoit auparavant, car elle n'avoit guère diminué que d'un cinquième en poids & d'environ un vingtième en volume, & cette dernière quantité s'étoit perdue dans les charbons.

Il réſulte de cette expérience: 1.° Que la plus violente chaleur & la plus concentrée pendant un très-long temps, ne peut, ſans le ſecours & le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer, ni même le ſable vitreſcible, tandis qu'une chaleur de même eſpèce & beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires; 2.° Que le charbon pénétré de chaleur ou de feu, commence à diminuer de maſſe long-temps avant de diminuer de volume, & que ce qu'il perd le premier, ſont les parties les plus combuſtibles qu'il contient. Car en comparant cette ſeconde expérience avec la première, comment ſe pourroit-il que la même quantité de charbon ſe conſomme plus vîte avec une chaleur très-médiocre, qu'à une chaleur de la dernière violence, toutes deux également privées d'air, également retenues & concentrées dans le même vaiſſeau clos? Dans la première expérience, le charbon

qui, dans une cavité presque froide, n'avoit éprouvé que la légère impression d'un feu qu'on avoit étouffé au moment que la flamme s'étoit montrée, avoit néanmoins diminué des deux tiers en quinze jours; tandis que le même charbon enflammé autant qu'il pouvoit l'être par le vent des soufflets, & recevant encore la chaleur immense des pierres rouges de feu dont il étoit environné, n'a pas diminué d'un sixième pendant vingt-deux jours. Cela seroit inexplicable si l'on ne faisoit pas attention que, dans le premier cas, le charbon avoit toute sa densité, & contenoit toutes ses parties combustibles; au lieu que dans le second cas où il étoit dans l'état de la plus forte incandescence, toutes ses parties les plus combustibles étoient déjà brûlées. Dans la première expérience, la chaleur, d'abord très-médiocre, alloit toujours en augmentant à mesure que la combustion augmentoit & se communiquoit de plus en plus à la masse entière du charbon. Dans la seconde expérience, la chaleur excessive alloit en diminuant à mesure que le charbon achevoit de brûler, & il ne pouvoit plus

donner autant de chaleur, parce que sa combustion étoit fort avancée au moment qu'on l'avoit enfermé. C'est-là la vraie cause de cette différence d'effets. Le charbon dans la première expérience, contenant toutes ses parties combustibles, brûloit mieux & se consumoit plus vîte que celui de la seconde expérience, qui ne contenoit presque plus de matière combustible, & ne pouvoit augmenter son feu ni même l'entretenir au même degré que par l'emprunt de celui des murs du fourneau ; c'est par cette seule raison que la combustion alloit toujours en diminuant, & qu'au total elle a été beaucoup moindre & plus lente que l'autre qui alloit toujours en augmentant & qui s'est faite en moins de temps. Lorsque tout accès est fermé à l'air, & que les matières renfermées n'en contiennent que peu ou point dans leur substance, elles ne se consumeront pas, quelque violente que soit la chaleur ; mais s'il reste une certaine quantité d'air entre les interstices de la matière combustible, elle se consumera d'autant plus vîte & d'autant plus qu'elle pourra fournir elle-même une plus grande quantité

d'air: 3.° Il réſulte encore de ces expériences, que la chaleur la plus violente, dès qu'elle n'eſt pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment; la première eſt pour ainſi dire une chaleur morte qui ne ſe fait ſentir que par ſa déperdition; l'autre eſt un feu vivant qui s'accroît à proportion des alimens qu'il conſume. Pour reconnoître ce que cette chaleur morte, c'eſt-à-dire cette chaleur dénuée de tout aliment pouvoit produire, j'ai fait l'expérience ſuivante.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

APRÈS avoir tiré du fourneau, par l'ouverture de la coulée, tout le charbon qui y étoit contenu, & l'avoir entièrement vidé de mine & de toute autre matière, je fis maçonner de nouveau cette ouverture & boucher avec le plus grand ſoin celle du gueulard en haut, toutes les pierres des parois du fourneau étant encore exceſſivement chaudes; l'air ne pouvoit donc entrer dans le fourneau pour le rafraîchir, & la chaleur ne pouvoit en ſortir qu'à travers des murs de plus

de

de 9 pieds d'épaisseur ; d'ailleurs il n'y avoit dans sa cavité, qui étoit absolument vide, aucune matière combustible, ni même aucune autre matière. Observant donc ce qui arriveroit, je m'aperçus que tout l'effet de la chaleur se portoit en haut, & que quoique cette chaleur ne fût pas du feu vivant ou nourri par aucune matière combustible, elle fit rougir en peu de temps la forte plaque de tôle qui couvroit le gueulard ; que cette incandescence donnée par la chaleur obscure à cette large pièce de fer se communiqua par le contact à toute la masse de poudre de charbon qui recouvroit les mortiers de cette plaque & enflamma du bois que je fis mettre dessus. Ainsi la seule évaporation de cette chaleur obscure & morte, qui ne pouvoit sortir que des pierres du fourneau, produisit ici le même effet que le feu vif & nourri. Cette chaleur tendant toujours en haut & se réunissant toute à l'ouverture du gueulard au-dessous de la plaque de fer, la rendit rouge, lumineuse & capable d'enflammer des matières combustibles. D'où l'on doit conclure qu'en augmentant la masse de la chaleur obscure,

on peut produire de la lumière de la même manière qu'en augmentant la maſſe de la lumière on produit de la chaleur ; que dès-lors ces deux ſubſtances ſont réciproquement convertibles de l'une en l'autre, & toutes deux néceſſaires à l'élément du feu.

Lorſqu'on enleva cette plaque de fer qui couvroit l'ouverture ſupérieure du fourneau, & que la chaleur avoit fait rougir, il en ſortit une vapeur légère & qui parut enflammée, mais qui ſe diſſipa dans un inſtant : j'obſervai alors les pierres des parois du fourneau, elles me parurent calcinées en très-grande partie & très-profondément ; & en effet ayant laiſſé refroidir le fourneau pendant dix jours, elles ſe ſont trouvées calcinées juſqu'à deux pieds, & même deux pieds & demi de profondeur, ce qui ne pouvoit provenir que de la chaleur que j'y avois renfermée pour faire mes expériences : attendu que dans les autres fondages le feu animé par les ſoufflets n'avoit jamais calciné les mêmes pierres à plus de huit pouces d'épaiſſeur dans les endroits où il eſt le plus vif, & ſeulement à deux ou

trois pouces dans tout le reſte, au lieu que toutes les pierres, depuis le creuſet juſqu'au terre-plein du fourneau, ce qui fait une hauteur de vingt pieds, étoient généralement réduites en chaux d'un pied & demi, de deux pieds, & même de deux pieds & demi d'épaiſſeur : comme cette chaleur renfermée n'avoit pu trouver d'iſſue, elle avoit pénétré les pierres bien plus profondément que la chaleur courante.

On pourroit tirer de cette expérience les moyens de cuire la pierre & de faire de la chaux à moindres frais, c'eſt-à-dire, de diminuer de beaucoup la quantité de bois en ſe ſervant d'un fourneau bien fermé au lieu de fourneaux ouverts ; il ne faudroit qu'une petite quantité de charbon pour convertir en chaux, dans moins de quinze jours, toutes les pierres contenues dans le fourneau, & les murs même du fourneau à plus d'un pied d'épaiſſeur, s'il étoit bien exactement fermé.

Dès que le fourneau fut aſſez refroidi pour permettre aux ouvriers d'y travailler, on fut obligé d'en démolir tout l'intérieur

du haut en bas, sur une épaisseur circulaire de quatre pieds, on en tira 54 muids de chaux, sur laquelle je fis les observations suivantes: 1.° toute cette pierre, dont la calcination s'étoit faite à feu lent & concentré, n'étoit pas devenue aussi légère que la pierre calcinée à la manière ordinaire; celle-ci, comme je l'ai dit, perd à très-peu près la moitié de son poids, & celle de mon fourneau n'en avoit perdu qu'environ trois huitièmes; 2.° elle ne saisit pas l'eau avec la même avidité que la chaux vive ordinaire; lorsqu'on l'y plonge, elle ne donne d'abord aucun signe de chaleur ni d'ébullition, mais peu après elle se gonfle, se divise & s'élève, en sorte qu'on n'a pas besoin de la remuer comme on remue la chaux vive ordinaire pour l'éteindre; 3.° cette chaux a une saveur beaucoup plus âcre que la chaux commune, elle contient par conséquent beaucoup plus d'alkali fixe; 4.° elle est infiniment meilleure, plus liante & plus forte que l'autre chaux, & tous les ouvriers n'en emploient qu'environ les deux tiers de l'autre, & assurent que le mortier est encore excellent; 5.° cette

chaux ne s'éteint à l'air qu'après un temps très-long, tandis qu'il ne faut qu'un jour ou deux pour réduire la chaux vive commune en poudre à l'air libre, celle-ci réſiſte à l'impreſſion de l'air pendant un mois ou cinq ſemaines; 6.° au lieu de ſe réduire en farine ou en pouſſière ſèche comme la chaux commune, elle conſerve ſon volume, & lorſqu'on la diviſe en l'écraſant, toute la maſſe paroît ductile & pénétrée d'une humidité graſſe & liante, qui ne peut provenir que de l'humide de l'air que la pierre a puiſſamment attiré & abſorbé pendant les cinq ſemaines de temps employées à ſon extinction: Au reſte, la chaux que l'on tire communément des fourneaux de forge a toutes ces mêmes propriétés; ainſi la chaleur obſcure & lente produit encore ici les mêmes effets que le feu le plus vif & le plus violent.

Il ſortit de cette démolition de l'intérieur du fourneau, 232 quartiers de pierres de taille, tous calcinés plus ou moins profondément; ces quartiers avoient communément quatre pieds de longueur, la plupart étoient en chaux juſqu'à dix-huit pouces,

& les autres à deux pieds, & même deux pieds & demi, & cette portion calcinée se séparoit aisément du reste de la pierre qui étoit saine & même plus dure que quand on l'avoit posée pour bâtir le fourneau. Cette observation m'engagea à faire les expériences suivantes.

Quatrième expérience.

Je fis peser dans l'air & dans l'eau trois morceaux de ces pierres qui, comme l'on voit, avoient subi la plus grande chaleur qu'elles pussent éprouver sans se réduire en chaux, & j'en comparai la pesanteur spécifique avec celles de trois autres morceaux à peu-près du même volume, que j'avois fait prendre dans d'autres quartiers de cette même pierre qui n'avoient point été employés à la construction du fourneau, ni par conséquent chauffés, mais qui avoient été tirés de la même carrière neuf mois auparavant, & qui étoient restés à l'exposition du soleil & de l'air. Je trouvai que la pesanteur spécifique des pierres échauffées à ce grand feu pendant cinq mois avoit augmenté, qu'elle étoit constamment plus grande

que celle de la même pierre non échauffée, d'un 81.e sur le premier morceau, d'un 90.e sur le second, & d'un 85.e sur le troisième; donc la pierre chauffée au degré voisin de celui de sa calcination gagne au moins un 86.e de masse, au lieu qu'elle en perd trois huitièmes par la calcination qui ne suppose qu'un degré de chaleur de plus. Cette différence ne peut venir que de ce qu'à un certain degré de violente chaleur ou de feu, tout l'air & toute l'eau transformés en matière fixe dans la pierre, reprennent leur première nature, leur élasticité, leur volatilité, & que dès-lors ils se dégagent de la pierre & s'élèvent en vapeurs, que le feu enlève & entraîne avec lui. Nouvelle preuve que la pierre calcaire est en très-grande partie composée d'air fixe & d'eau fixe saisis & transformés en matière solide par le filtre animal.

Après ces expériences j'en fis d'autres sur cette même pierre échauffée à un moindre degré de chaleur, mais pendant un temps aussi long; je fis détacher pour cela trois morceaux des parois extérieures de la lunette de la tuyère, dans un endroit

où la chaleur étoit à peu-près de 95 degrés, parce que le ſoufre appliqué contre la muraille s'y ramolliſſoit & commençoit à fondre, & que ce degré de chaleur eſt à très-peu près celui auquel le ſoufre entre en fuſion. Je trouvai par trois épreuves ſemblables aux précédentes, que cette même pierre chauffée à ce degré pendant cinq mois, avoit augmenté en peſanteur ſpécifique d'un 65e, c'eſt-à-dire, de preſque un quart de plus que celle qui avoit éprouvé le degré de chaleur voiſin de celui de la calcination, & je conclus de cette différence que l'effet de la calcination commençoit à ſe préparer dans la pierre qui avoit ſubi le plus grand feu, au lieu que celle qui n'avoit éprouvé qu'une moindre chaleur, avoit conſervé toutes les parties fixes qu'elle y avoit dépoſées.

Pour me ſatisfaire pleinement ſur ce ſujet, & reconnoître ſi toutes les pierres calcaires augmentent en peſanteur ſpécifique par une chaleur conſtamment & long-temps appliquée, je fis ſix nouvelles épreuves ſur deux autres eſpèces de pierres. Celle dont étoit conſtruit l'intérieur de

mon fourneau, & qui a servi aux expériences précédentes, s'appelle dans le pays *pierre à feu*, parce qu'elle résiste plus à l'action du feu que toutes les autres pierres calcaires. Sa substance est composée de petits graviers calcaires liés ensemble par un ciment pierreux qui n'est pas fort dur, & qui laisse quelques interstices vides; sa pesanteur est néanmoins plus grande que celle des autres pierres calcaires d'environ un 20.e En ayant éprouvé plusieurs morceaux au feu de mes chaufferies, il a fallu pour les calciner plus du double du temps de celui qu'il falloit pour réduire en chaux les autres pierres; on peut donc être assuré que les expériences précédentes ont été faites sur la pierre calcaire la plus résistante au feu. Les pierres auxquelles je vais la comparer, étoient aussi de très-bonnes pierres calcaires dont on fait la plus belle taille pour les bâtimens, l'une a le grain fin & presque aussi serré que celui du marbre; l'autre a le grain un peu plus gros, mais toutes deux sont compactes & pleines, toutes deux font de l'excellente chaux grise, plus liante & plus forte que la chaux commune qui est plus blanche.

En peſant dans l'air & dans l'eau trois morceaux chauffés & trois autres non chauffés de cette première pierre dont le grain étoit le plus fin, j'ai trouvé qu'elle avoit gagné un 56.e en peſanteur ſpécifique, par l'application conſtante pendant cinq mois, d'une chaleur d'environ 90 degrés, ce que j'ai reconnu, parce qu'elle étoit voiſine de celle dont j'avois fait caſſer les morceaux dans la voûte extérieure du fourneau, & que le ſoufre ne fondoit plus contre ſes parois ; en ayant donc fait enlever trois morceaux encore chauds pour les peſer, & comparer avec d'autres morceaux de la même pierre qui étoient reſtés expoſés à l'air libre, j'ai vu que l'un des morceaux avoit augmenté d'un 60e ; le ſecond d'un 62e ; le troiſième d'un 56e. Ainſi cette pierre à grain très-fin a augmenté en peſanteur ſpécifique de près d'un tiers de plus que la pierre à feu chauffée au degré voiſin de celui de la calcination, & auſſi d'environ un 7.e de plus que cette même pierre à feu chauffée à 95 degrés, c'eſt-à-dire, à une chaleur à peu-près égale.

La ſeconde pierre, dont le grain étoit

moins fin, formoit une assise entière de la voûte extérieure du fourneau, & je fus maître de choisir les morceaux dont j'avois besoin pour l'expérience, dans un quartier qui avoit subi pendant le même temps de cinq mois le même degré 95 de chaleur que la pierre à feu; en ayant donc fait casser trois morceaux, & m'étant muni de trois autres qui n'avoient pas été chauffés, je trouvai que l'un de ces morceaux chauffés avoit augmenté d'un 54.e; le second d'un 63.e; & le troisième d'un 66.e; ce qui donne pour la mesure moyenne un 61.e d'augmentation en pesanteur spécifique.

Il résulte de ces expériences, 1.° que toute pierre calcaire chauffée pendant long-temps, acquiert de la masse & devient plus pesante; cette augmentation ne peut venir que des particules de chaleur qui la pénètrent & s'y unissent par leur longue résidence, & qui dès-lors en deviennent partie constituante sous une forme fixe: 2.° que cette augmentation de pesanteur spécifique étant d'un 61.e ou d'un 56.e ou d'un 65.e ne se trouve varier ici que par la nature des différentes

pierres ; que celles dont le grain eſt le plus fin, ſont celles dont la chaleur augmente le plus la maſſe, & dans leſquelles les pores étant plus petits, elle ſe fixe plus aiſément & en plus grande quantité : 3.° que la quantité de chaleur qui ſe fixe dans la pierre eſt encore bien plus grande que ne le déſigne ici l'augmentation de la maſſe ; car la chaleur avant de ſe fixer dans la pierre, a commencé par en chaſſer toutes les parties humides qu'elle contenoit, on ſait qu'en diſtillant la pierre calcaire dans une cornue bien fermée, on tire de l'eau pure juſqu'à concurrence d'un ſeizième de ſon poids : mais comme une chaleur de 95 degrés, quoiqu'appliquée pendant cinq mois, pourroit néanmoins produire à cet égard de moindres effets que le feu violent qu'on applique au vaiſſeau dans lequel on diſtille la pierre, réduiſons de moitié & même des trois quarts cette quantité d'eau enlevée à la pierre par la chaleur de 95 degrés, on ne pourra pas diſconvenir que la quantité de chaleur qui s'eſt fixée dans cette pierre, ne ſoit d'abord d'un 60.° indiqué par l'augmentation de la

pesanteur spécifique, & encore d'un 64.e pour le quart de la quantité d'eau qu'elle contenoit, & que cette chaleur aura fait sortir; en sorte qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, que la chaleur qui pénètre dans la pierre lui étant appliquée pendant long-temps, s'y fixe en assez grande quantité pour en augmenter la masse tout au moins d'un trentième, même dans la supposition qu'elle n'ait chassé pendant ce long temps que le quart de l'eau que la pierre contenoit.

Cinquième expérience.

Toutes les pierres calcaires dont la pesanteur spécifique augmente par la longue application de la chaleur, acquièrent par cette espèce de dessèchement plus de dureté qu'elles n'en avoient auparavant. Voulant reconnoître si cette dureté seroit durable, & si elles ne perdroient pas avec le temps, non-seulement cette qualité, mais celle de l'augmentation de densité qu'elles avoient acquise par la chaleur; je fis exposer aux injures de l'air plusieurs parties de trois espèces de pierres qui avoient servi aux expériences précédentes,

& qui toutes avoient été plus ou moins chauffées pendant cinq mois. Au bout de quinze jours, pendant lesquels il y avoit eu des pluies, je les fis sonder & frapper au marteau par le même ouvrier qui les avoit trouvées très-dures quinze jours auparavant; il reconnut avec moi que la pierre à feu qui étoit la plus poreuse, & dont le grain étoit le plus gros, n'étoit déjà plus aussi dure & qu'elle se laissoit travailler plus aisément. Mais les deux autres espèces, & sur-tout celle dont le grain étoit le plus fin, avoient conservé la même dureté, néanmoins elles la perdirent en moins de six semaines. Et les ayant fait alors éprouver à la balance hydrostatique, je reconnus qu'elles avoient aussi perdu une assez grande quantité de la matière fixe que la chaleur y avoit déposée. Néanmoins au bout de plusieurs mois elles étoient toujours spécifiquement plus pesantes d'un 150.e ou d'un 160.e que celles qui n'avoient point été chauffées. La différence devenant alors trop difficile à saisir entre ces morceaux & ceux qui n'avoient pas été chauffés, & qui tous étoient également exposés à l'air, je fus

forcé de borner là cette expérience, mais je suis persuadé qu'avec beaucoup de temps ces pierres auroient perdu toute leur pesanteur acquise. Il en est de même de la dureté, après quelques mois d'exposition à l'air, les ouvriers les ont traitées tout aussi aisément que les autres pierres de même espèce qui n'avoient point été chauffées.

Il résulte de cette expérience, que les particules de chaleur qui se fixent dans la pierre, n'y sont, comme je l'ai dit, unies que par force; que quoiqu'elle les conserve après son entier refroidissement & pendant assez long-temps, si on la préserve de toute humidité; elle les perd néanmoins peu-à-peu par les impressions de l'air & de la pluie, sans doute parce que l'air & l'eau ont plus d'affinité avec la pierre que les parties de la chaleur qui s'y étoient logées. Cette chaleur fixe n'est plus active, elle est pour ainsi dire morte, & entièrement passive; dès-lors bien loin de pouvoir chasser l'humidité, celle-ci la chasse à son tour & reprend toutes les places qu'elle lui avoit cédées. Mais dans d'autres matières qui n'ont pas avec

l'eau autant d'affinité que la pierre calcaire, cette chaleur une fois fixée n'y demeure-t-elle pas constamment & à toujours! c'est ce que j'ai cherché à constater par l'expérience suivante.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

J'AI pris plusieurs morceaux de fonte de fer, que j'ai fait casser dans les gueuses qui avoient servi plusieurs fois à soutenir les parois de la cheminée de mon fourneau, & qui par conséquent avoient été chauffées trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite au degré de chaleur qui calcine la pierre, car ces gueuses avoient soutenu les pierres ou les briques de l'intérieur du fourneau, & n'étoient défendues de l'action immédiate du feu que par une pierre épaisse de trois ou quatre pouces qui formoit le dernier rang des étalages du fourneau; ces dernières pierres, ainsi que toutes les autres dont les étalages étoient construits, s'étoient réduites en chaux à chaque fondage, & la calcination avoit toujours pénétré de près de huit pouces dans celles qui étoient exposées à la plus violente

action du feu; ainſi les gueuſes qui n'étoient recouvertes que de quatre pouces par ces pierres, avoient certainement ſubi le même degré de feu que celui qui produit la parfaite calcination de la pierre, & l'avoient, comme je l'ai dit, ſubi trois fois pendant quatre ou cinq mois de ſuite. Les morceaux de cette fonte de fer, que je fis caſſer ne ſe ſéparèrent du reſte de la gueuſe qu'à coups de maſſe très-réitérés, au lieu que des gueuſes de cette même fonte, mais qui n'avoient pas ſubi l'action du feu, étoient très-caſſantes & ſe ſéparoient en morceaux aux premiers coups de maſſe; je reconnus dès-lors que cette fonte chauffée à un auſſi grand feu & pendant ſi long-temps, avoit acquis beaucoup plus de dureté & de ténacité qu'elle n'en avoit auparavant, beaucoup plus même à proportion que n'en avoient acquis les pierres calcaires. Par ce premier indice je jugeai que je trouverois une différence encore plus grande dans la peſanteur ſpécifique de cette fonte ſi long-temps échauffée. Et en effet, le premier morceau que j'éprouvai à la balance hydroſtatique, peſoit dans l'air 4 livres

4 onces 3 gros, ou 547 gros; le même morceau peſoit dans l'eau 3 livres 11 onces 2 gros $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, 474 gros $\frac{1}{2}$, la différence eſt de 72 gros $\frac{1}{2}$; l'eau dont je me ſervois pour mes expériences peſoit exactement 70 livres le pied cube, & le volume d'eau déplacé par celui du morceau de cette fonte, peſoit 72 gros $\frac{1}{2}$: ainſi 72 gros $\frac{1}{2}$, poids du volume de l'eau déplacée par le morceau de fonte, ſont à 70 livres poids du pied cube de l'eau, comme 547 gros poids du morceau de fonte, ſont à 528 livres 2 onces 1 gros 47 grains poids du pied cube de cette fonte: & ce poids excède beaucoup celui de cette même fonte lorſqu'elle n'a pas été chauffée, c'eſt une fonte blanche qui communément eſt très-caſſante, & dont le poids n'eſt que de 495 ou 500 livres tout au plus; ainſi la peſanteur ſpécifique ſe trouve augmentée de 28 ſur 500 par cette très-longue application de la chaleur, ce qui fait environ un dix-huitième de la maſſe; je me ſuis aſſuré de cette grande différence par cinq épreuves ſucceſſives pour leſquelles j'ai eu attention de prendre toujours

des morceaux pesans chacun quatre livres au moins, & comparés un à un avec des morceaux de même figure & d'un volume à peu-près égal: car quoiqu'il paroisse qu'ici la différence du volume, quelque grande qu'elle soit, ne devroit rien faire, & ne peut influer sur le résultat de l'opération de la balance hydrostatique; cependant ceux qui sont exercés à la manier se feront aperçus, comme moi, que les résultats sont toujours plus justes lorsque les volumes des matières qu'on compare ne sont pas bien plus grands l'un que l'autre. L'eau, quelque fluide qu'elle nous paroisse, a néanmoins un certain petit degré de ténacité qui influe plus ou moins sur des volumes plus ou moins grands. D'ailleurs il y a très-peu de matières qui soient parfaitement homogènes ou égales en pesanteur dans toutes les parties extérieures du volume qu'on soumet à l'épreuve; ainsi pour obtenir un résultat sur lequel on puisse compter précisément, il faut toujours comparer des morceaux d'un volume approchant, & d'une figure qui ne soit pas bien différente; car si d'une part on pesoit un

globe de fer de deux livres, & d'autre part une feuille de tôle du même poids, on trouveroit à la balance hydroſtatique leur peſanteur ſpécifique différente, quoiqu'elle fût réellement la même.

Je crois que quiconque réfléchira ſur les expériences précédentes & ſur leurs réſultats, ne pourra diſconvenir que la chaleur très-long-temps appliquée aux différens corps qu'elle pénètre, ne dépoſe dans leur intérieur une très-grande quantité de particules qui deviennent parties conſtituantes de leur maſſe, & qui s'y uniſſent & y adhèrent d'autant plus que les matières ſe trouvent avoir avec elles plus d'affinité & d'autres rapports de nature. Auſſi me trouvant muni de ces expériences, je n'ai pas craint d'avancer dans mon Traité des Élémens, que les molécules de la chaleur ſe fixoient dans tous les corps, comme s'y fixent celles de la lumière & celles de l'air, dès qu'il eſt accompagné de chaleur ou de feu.

SIXIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la Lumière, & sur la Chaleur qu'elle peut produire.

ARTICLE PREMIER.

Invention de Miroirs pour brûler à de grandes distances.

L'HISTOIRE des miroirs ardens d'Archimède, est fameuse; il les inventa pour la défense de sa patrie, & il lança, disent les Anciens, le feu du Soleil sur la flotte ennemie qu'il réduisit en cendres lorsqu'elle approcha des remparts de Syracuse; mais cette histoire dont on n'a pas douté pendant quinze ou seize siècles, a d'abord été contredite, & ensuite traitée de fable dans ces derniers temps. Descartes né pour juger, & même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître; il a nié la possibilité de

l'invention, & ſon opinion a prévalu ſur les témoignages & ſur la croyance de toute l'antiquité : les Phyſiciens modernes, ſoit par reſpect pour leur Philoſophe, ſoit par complaiſance pour leurs contemporains, ont été de même avis. On n'accorde guère aux Anciens que ce qu'on ne peut leur ôter ; déterminés peut-être par ces motifs, dont l'amour propre ne ſe ſert que trop ſouvent ſans qu'on s'en aperçoive, n'avons-nous pas naturellement trop de penchant à refuſer ce que nous devons à ceux qui nous ont précédés ! & ſi notre ſiècle refuſe plus qu'un autre, ne ſeroit-ce pas qu'étant plus éclairé il croit avoir plus de droit à la gloire, plus de prétentions à la ſupériorité !

Quoi qu'il en ſoit, cette invention étoit dans le cas de pluſieurs autres découvertes de l'antiquité qui ſe ſont évanouies, parce qu'on a préféré la facilité de les nier à la difficulté de les retrouver ; & les miroirs ardens d'Archimède étoient ſi décriés, qu'il ne paroiſſoit pas poſſible d'en rétablir la réputation, car, pour appeler du jugement de Deſcartes, il falloit quelque choſe de plus fort que des raiſons, & il ne

restoit qu'un moyen sûr & décisif, à la vérité, mais difficile & hardi, c'étoit d'entreprendre de trouver les miroirs, c'est-à-dire, d'en faire qui pussent produire les mêmes effets; j'en avois conçu depuis long-temps l'idée, & j'avouerai volontiers que le plus difficile de la chose étoit de la voir possible, puisque dans l'exécution j'ai réussi au-delà même de mes espérances.

J'ai donc cherché le moyen de faire des miroirs pour brûler à de grandes distances, comme de 100, de 200 & 300 pieds; je savois en général qu'avec les miroirs par réflexion, l'on n'avoit jamais brûlé qu'à 15 ou 20 pieds tout au plus, & qu'avec ceux qui sont réfringens, la distance étoit encore plus courte, & je sentois bien qu'il étoit impossible dans la pratique de travailler un miroir de métal ou de verre avec assez d'exactitude pour brûler à ces grandes distances; que pour brûler, par exemple, à 200 pieds, la sphère ayant dans ce cas 800 pieds de diamètre, on ne pouvoit rien espérer de la méthode ordinaire de travailler les verres, & je me persuadai bientôt

que quand même on pourroit en trouver une nouvelle pour donner à de grandes pièces de verre ou de métal, une courbure auſſi légère, il n'en réſulteroit encore qu'un avantage très-peu conſidérable, comme je le dirai dans la ſuite.

Mais pour aller par ordre, je cherchai d'abord combien la lumière du Soleil perdoit par la réflexion à différentes diſtances, & quelles ſont les matières qui la réfléchiſſent le plus fortement. Je trouvai premièrement que les glaces étamées, lorſqu'elles ſont polies avec un peu de ſoin, réfléchiſſent plus puiſſamment la lumière que les métaux les mieux polis, & même mieux que le métal compoſé dont on ſe ſert pour faire des miroirs de téleſcopes; & que quoiqu'il y ait dans les glaces deux réflexions, l'une à la ſurface & l'autre à l'intérieur, elles ne laiſſent pas de donner une lumière plus vive & plus nette que le métal, qui produit une lumière colorée.

En ſecond lieu, en recevant la lumière du Soleil dans un endroit obſcur, & en la comparant avec cette même lumière du Soleil réfléchie par une glace, je

trouvai

trouvai qu'à de petites distances, comme de quatre ou cinq pieds, elle ne perdoit qu'environ moitié par la réflexion, ce que je jugeai en faisant tomber sur la première lumière réfléchie, une seconde lumière aussi réfléchie : car la vivacité de ces deux lumières réfléchies me parut égale à celle de la lumière directe.

Troisièmement : ayant reçu à de grandes distances, comme à 100, 200 & 300 pieds, cette même lumière réfléchie par de grandes glaces, je reconnus qu'elle ne perdoit presque rien de sa force, par l'épaisseur de l'air qu'elle avoit à traverser.

Ensuite je voulus essayer les mêmes choses sur la lumière des bougies ; & pour m'assurer plus exactement de la quantité d'affoiblissement que la réflexion cause à cette lumière, je fis l'expérience suivante.

Je me mis vis-à-vis une glace de miroir avec un livre à la main, dans une chambre où l'obscurité de la nuit étoit entière, & où je ne pouvois distinguer aucun objet : je fis allumer, dans une chambre voisine, à 40 pieds de distance environ, une seule bougie, & je la fis

approcher peu à peu, jusqu'à ce que je pusse distinguer les caractères & lire le livre que j'avois à la main; la distance se trouva de 24 pieds du livre à la bougie: ensuite ayant retourné le livre du côté du miroir, je cherchai à lire par cette même lumière réfléchie, & je fis intercepter par un paravent la partie de la lumière directe qui ne tomboit pas sur le miroir, afin de n'avoir sur mon livre que la lumière réfléchie. Il fallut approcher la bougie, ce qu'on fit peu à peu, jusqu'à ce que je pusse lire les mêmes caractères éclairés par la lumière réfléchie; & alors la distance du livre à la bougie, y compris celle du livre au miroir, qui n'étoit que d'un demi-pied, se trouva être en tout de quinze pieds: je répétai cela plusieurs fois, & j'eus toujours les mêmes résultats, à très-peu près; d'où je conclus que la force ou la quantité de la lumière directe est à celle de la lumière réfléchie, comme 576 à 225; ainsi l'effet de la lumière de cinq bougies reçues par une glace plane, est à peu-près égal à celui de la lumière directe de deux bougies.

La lumière des bougies perd donc plus

par la réflexion que la lumière du Soleil ; & cette différence vient de ce que les rayons de lumière qui partent de la bougie comme d'un centre, tombent plus obliquement sur le miroir que les rayons du Soleil qui viennent presque parallèlement. Cette expérience confirma donc ce que j'avois trouvé d'abord, & je tins pour sûr que la lumière du Soleil ne perd qu'environ moitié par sa réflexion sur une glace de miroir.

Ces premières connoissances dont j'avois besoin étant acquises, je cherchai ensuite ce que deviennent en effet les images du Soleil lorsqu'on les reçoit à de grandes distances. Pour bien entendre ce que je vais dire, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, considérer les rayons du Soleil comme parallèles ; & il faut se souvenir que le corps du Soleil occupe à nos yeux une étendue d'environ 32 minutes ; que par conséquent les rayons qui partent du bord supérieur du disque, venant à tomber sur un point d'une surface réfléchissante, les rayons qui partent du bord inférieur, venant à tomber aussi sur le même point de cette surface, ils

forment entr'eux un angle de 32 minutes dans l'incidence & enſuite dans la réflexion, & que par conſéquent l'image doit augmenter de grandeur à meſure qu'elle s'éloigne : il faut de plus faire attention à la figure de ces images ; par exemple, une glace plane quarrée d'un demi-pied, expoſée aux rayons du Soleil, formera une image quarrée de ſix pouces, lorſqu'on recevra cette image à une petite diſtance de la glace, comme de quelques pieds ; en s'éloignant peu à peu on voit l'image augmenter, enſuite ſe déformer, enfin s'arrondir & demeurer ronde toujours en s'agrandiſſant, à meſure qu'elle s'éloigne du miroir : cette image eſt compoſée d'autant de diſques du Soleil qu'il y a de points phyſiques dans la ſurface réfléchiſſante ; le point du milieu forme une image du diſque, les points voiſins en forment de ſemblables & de même grandeur qui excèdent un peu le diſque du milieu ; il en eſt de même de tous les autres points, & l'image eſt compoſée d'une infinité de diſques, qui ſe ſurmontant régulièrement, & anticipant circulairement les uns ſur les autres,

forment l'image réfléchie dont le point du milieu de la glace eſt le centre.

Si l'on reçoit l'image compoſée de tous ces diſques à une petite diſtance, alors l'étendue qu'ils occupent n'étant qu'un peu plus grande que celle de la glace, cette image eſt de la même figure & à peu-près de la même étendue que la glace : ſi la glace eſt quarrée, l'image eſt quarrée ; ſi la glace eſt triangulaire, l'image eſt triangulaire ; mais lorſqu'on reçoit l'image à une grande diſtance de la glace, où l'étendue qu'occupent les diſques eſt beaucoup plus grande que celle de la glace, l'image ne conſerve plus la figure quarrée ou triangulaire de la glace, elle devient néceſſairement circulaire ; & pour trouver le point de diſtance où l'image perd ſa figure quarrée, il n'y a qu'à chercher à quelle diſtance la glace nous paroît ſous un angle égal à celui que forme le corps du Soleil à nos yeux, c'eſt-à-dire, ſous un angle de 32 minutes, cette diſtance ſera celle où l'image perdra ſa figure quarrée, & deviendra ronde ; car les diſques ayant toujours pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc

de cercle qui meſure un angle de 32 minutes, on trouvera par cette règle qu'une glace quarrée de ſix pouces, perd ſa figure quarrée à la diſtance d'environ 60 pieds, & qu'une glace d'un pied en quarré ne la perd qu'à 120 pieds environ, & ainſi des autres.

En réfléchiſſant un peu ſur cette théorie, on ne ſera plus étonné de voir qu'à de très-grandes diſtances, une grande & une petite glace donnent à peu-près une image de la même grandeur, & qui ne diffère que par l'intenſité de la lumière: on ne ſera plus ſurpris qu'une glace ronde, ou quarrée, ou longue, ou triangulaire, ou de telle autre figure que l'on voudra *(a)*, donne toujours des images rondes; & on verra clairement que les images ne s'agrandiſſent & ne s'affoibliſſent pas par la diſperſion de la lumière, ou par la perte qu'elle fait en traverſant l'air, comme l'ont cru quelques Phyſiciens;

(a) C'eſt par cette même raiſon que les petites images du Soleil qui paſſent entre les feuilles des arbres élevés & touffus, qui tombent ſur le ſable d'une allée, ſont toutes ovales ou rondes.

& que cela n'arrive au contraire que par l'augmentation des disques qui occupent toujours un espace de 32 minutes à quelqu'éloignement qu'on les porte.

De même on sera convaincu par la simple exposition de cette théorie, que les courbes de quelque espèce qu'elles soient, ne peuvent être employées avec avantage pour brûler de loin, parce que le diamètre du foyer de toutes les courbes, ne peut jamais être plus petit que la corde de l'arc qui mesure un angle de 32 minutes, & que par conséquent le miroir concave le plus parfait dont le diamètre seroit égal à cette corde, ne feroit jamais le double de l'effet de ce miroir plan de même surface *(b)*: & si le diamètre de ce miroir courbe étoit plus petit que cette corde, il ne feroit guère plus d'effet qu'un miroir plan de même surface.

Lorsque j'eus bien compris ce que je viens d'exposer, je me persuadai bientôt

(b) Si l'on se donne la peine de le supputer, on trouvera que le miroir courbe le plus parfait, n'a d'avantage sur un miroir plan que dans la raison de 17 à 10, du moins à très-peu près.

à n'en pouvoir douter, qu'Archimède n'avoit pu brûler de loin qu'avec des miroirs plans; car indépendamment de l'impoſſibilité où l'on étoit alors, & où l'on ſeroit encore aujourd'hui d'exécuter des miroirs concaves d'un auſſi long foyer, je ſentis bien que les réflexions que je viens de faire, ne pouvoient pas avoir échappé à ce grand Mathématicien. Dailleurs je penſai que ſelon toutes les apparences les Anciens ne ſavoient pas faire de grandes maſſes de verre, qu'ils ignoroient l'art de le couler pour en faire de grandes glaces, qu'ils n'avoient tout au plus que celui de le ſouffler & d'en faire des bouteilles & des vaſes, & je me perſuadai aiſément que c'étoit avec des miroirs plans de métal poli, & par la réflexion des rayons du Soleil qu'Archimède avoit brûlé au loin: mais comme j'avois reconnu que les miroirs de glace réfléchiſſent plus puiſſamment la lumière que les miroirs du métal le plus poli, je penſai à faire conſtruire une machine pour faire coïncider au même point les images réfléchies par un grand nombre de ces glaces planes, bien convaincu que

ce moyen étoit le seul par lequel il fût possible de réussir.

Cependant j'avois encore des doutes, & qui me paroissoient même très-bien fondés, car voici comment je raisonnois. Supposons que la distance à laquelle je veux brûler soit de 240 pieds, je vois clairement que le foyer de mon miroir ne peut avoir moins de deux pieds de diamètre à cette distance; dès-lors quelle sera l'étendue que je serai obligé de donner à mon assemblage de miroirs plans pour produire du feu dans un aussi grand foyer! elle pouvoit être si grande que la chose eût été impraticable dans l'exécution; car en comparant le diamètre du foyer au diamètre du miroir, dans les meilleurs miroirs par réflexion que nous ayons, par exemple, avec le miroir de l'Académie, j'avois observé que le diamètre de ce miroir qui est de trois pieds, étoit cent huit fois plus grand que le diamètre de son foyer, qui n'a qu'environ quatre lignes, & j'en concluois que pour brûler aussi vivement à 240 pieds, il eût été nécessaire que mon assemblage de miroirs eût eu 216 pieds de diamètre,

puisque le foyer auroit deux pieds ; or un miroir de 216 pieds de diamètre étoit assurément une chose impossible.

A la vérité, ce miroir de trois pieds de diamètre brûle assez vivement pour fondre l'or, & je voulus voir combien j'avois à gagner en réduisant son action à n'enflammer que du bois : pour cela j'appliquai sur le miroir des zones circulaires de papier pour en diminuer le diamètre, & je trouvai qu'il n'avoit plus assez de force pour enflammer du bois sec lorsque son diamètre fut réduit à quatre pouces huit ou neuf lignes : prenant donc cinq pouces ou soixante lignes pour l'étendue du diamètre nécessaire pour brûler avec un foyer de quatre lignes, je ne pouvois me dispenser de conclure que pour brûler également à 240 pieds, où le foyer auroit nécessairement deux pieds de diamètre, il me faudroit un miroir de trente pieds de diamètre ; ce qui me paroissoit encore une chose impossible, ou du moins impraticable.

A des raisons si positives, & que d'autres auroient regardées comme des démonstrations de l'impossibilité du miroir, je

n'avois rien à opposer qu'un soupçon ; mais un soupçon ancien, & sur lequel plus j'avois réfléchi, plus je m'étois persuadé qu'il n'étoit pas sans fondement ; c'est que les effets de la chaleur pouvoient bien n'être pas proportionnels à la quantité de lumière ; ou, ce qui revient au même, qu'à égale intensité de lumière, les grands foyers devoient brûler plus vivement que les petits.

En estimant la chaleur mathématiquement, il n'est pas douteux que la force des foyers de même longueur ne soit proportionnelle à la surface des miroirs. Un miroir dont la surface est double de celle d'un autre, doit avoir un foyer de la même grandeur, si la courbure est la même ; & ce foyer de même grandeur doit contenir le double de la quantité de lumière que contient le premier foyer ; & dans la supposition que les effets sont toujours proportionnels à leurs causes, on avoit toujours cru que la chaleur de ce second foyer devoit être double de celle du premier.

De même & par la même estimation mathématique, on a toujours cru qu'à

égale intenſité de lumière, un petit foyer devoit brûler autant qu'un grand, & que l'effet de la chaleur devoit être proportionnel à cette intenſité de lumière : *en ſorte*, diſoit Deſcartes, *qu'on peut faire des verres ou des miroirs extrémement petits qui brûleront avec autant de violence que les plus grands.* Je penſai d'abord, comme je l'ai dit ci-deſſus, que cette concluſion tirée de la théorie mathématique, pourroit bien ſe trouver fauſſe dans la pratique, parce que la chaleur étant une qualité phyſique, de l'action & de la propagation de laquelle nous ne connoiſſons pas bien les loix ; il me ſembloit qu'il y avoit quelque eſpèce de témérité à en eſtimer ainſi les effets par un raiſonnement de ſimple ſpéculation.

J'eus donc recours encore une fois à l'expérience : je pris des miroirs de métal de différens foyers & de différens degrés de poliment ; & en comparant l'action des différens foyers ſur les mêmes matières fuſibles ou combuſtibles, je trouvai qu'à égale intenſité de lumière, les grands foyers font conſtamment beaucoup plus d'effet que les petits, & produiſent ſouvent

l'inflammation ou la fusion, tandis que les petits ne produisent qu'une chaleur médiocre ; je trouvai la même chose avec les miroirs par réfraction. Pour le faire mieux sentir, prenons, par exemple, un grand miroir ardent par réfraction, tel que celui du sieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 8 lignes de largeur, à 6 pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en moins d'une minute, & faisons dans les mêmes proportions un petit verre ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{8}{12}$ ou $\frac{2}{3}$ de ligne, & la distance à 6 pouces ; puisque le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue entière de son foyer qui est de 8 lignes, le petit verre devroit, selon la théorie, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de son foyer qui est de $\frac{2}{3}$ de ligne : Ayant fait l'expérience, j'ai trouvé, comme je m'y attendois bien, que loin de fondre le cuivre, ce petit verre ardent pouvoit à peine donner un peu de chaleur à cette matière.

La raison de cette différence est aisée à donner, si l'on fait attention que la

chaleur ſe communique de proche en proche, & ſe diſperſe, pour ainſi dire, lors même qu'elle eſt appliquée continuellement ſur le même point; par exemple, ſi l'on fait tomber le foyer d'un verre ardent ſur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre; la chaleur qu'il produit ſur le centre de l'écu ſe diſperſe & s'étend dans le volume entier de l'écu, & il devient chaud juſqu'à la circonférence; dès-lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, & ne peut pas produire un auſſi grand effet que ſi elle y demeuroit toute entière. Mais ſi au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe ſur le milieu de l'écu, on fait tomber ſur l'écu tout entier un foyer d'égale intenſité, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas; non-ſeulement il n'y a pas de perte de chaleur, comme dans le premier, mais même il y a du gain & de l'augmentation de chaleur, car le point du milieu profitant de la chaleur des autres points qui l'environnent, l'écu ſera fondu dans ce dernier cas, tandis que dans le

premier, il ne ſera que légèrement échauffé.

Après avoir fait ces expériences & ces réflexions, je ſentis augmenter prodigieuſement l'eſpérance que j'avois de réuſſir à faire des miroirs qui brûleroient au loin; car je commençai à ne plus craindre autant que je l'avois craint d'abord, la grande étendue des foyers, je me perſuadai au contraire, qu'un foyer d'une largeur conſidérable, comme de deux pieds, & dans lequel l'intenſité de la lumière ne ſeroit pas à beaucoup près auſſi grande que dans un petit foyer, comme de quatre lignes, pourroit cependant produire avec plus de force l'inflammation & l'embraſement, & que par conſéquent ce miroir qui, par la théorie mathématique, devoit avoir au moins 30 pieds de diamètre, ſe réduiroit ſans doute à un miroir de 8 ou 10 pieds tout au plus; ce qui eſt non-ſeulement une choſe poſſible, mais même très-praticable.

Je penſai donc ſérieuſement à exécuter mon projet; d'abord j'avois deſſein de brûler à 200 ou 300 pieds avec des glaces circulaires ou hexagones d'un pied

quarré de ſurface, & je voulois faire quatre chaſſis de fer pour les porter, avec trois vis à chacune pour les mouvoir en tout ſens, & un reſſort pour les aſſujettir; mais la dépenſe trop conſidérable qu'exigeoit cet ajuſtement, me fit abandonner cette idée, & je me rabattis à des glaces communes de 6 pouces ſur 8 pouces, & un ajuſtement en bois, qui, à la vérité, eſt moins ſolide & moins précis, mais dont la dépenſe convenoit mieux à une tentative. M. Paſſemant, dont l'habileté dans les mécaniques eſt connue même de l'Académie, ſe chargea de ce détail; & je n'en ferai pas la deſcription, parce qu'un coup d'œil ſur le miroir en fera mieux entendre la conſtruction qu'un long diſcours *(c)*.

Il ſuffira de dire qu'il a d'abord été compoſé de cent ſoixante-huit glaces étamées de 6 pouces ſur 8 pouces chacune, éloignées les unes des autres d'environ quatre lignes; que chacune de ces glaces ſe peut mouvoir en tout ſens,

(c) Voyez ci-après les planches VII, VIII & IX, avec l'explication des figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 & 7.

& indépendamment de toutes, & que les quatre lignes d'intervalle qui ſont entr'elles ſervent non-ſeulement à la liberté de ce mouvement, mais auſſi à laiſſer voir à celui qui opère, l'endroit où il faut conduire ſes images. Au moyen de cette conſtruction l'on peut faire tomber ſur le même point les cent ſoixante-huit images, & par conſéquent brûler à pluſieurs diſtances, comme à 20, 30, & juſqu'à 150 pieds, & à toutes les diſtances intermédiaires; & en augmentant la grandeur du miroir, ou en faiſant d'autres miroirs ſemblables au premier, on eſt ſûr de porter le feu à de plus grandes diſtances encore, ou d'en augmenter autant qu'on voudra, la force ou l'activité à ces premières diſtances.

Seulement il faut obſerver que le mouvement dont j'ai parlé n'eſt point trop aiſé à exécuter, & que d'ailleurs il y a un grand choix à faire dans les glaces: elles ne ſont pas toutes à beaucoup près également bonnes, quoiqu'elles paroiſſent telles à la première inſpection; j'ai été obligé d'en prendre plus de cinq cents pour avoir les cent ſoixante-huit dont je

me suis servi ; la manière de les essayer est de recevoir à une grande distance, par exemple, à 150 pieds l'image réfléchie du Soleil comme un plan vertical ; il faut choisir celles qui donnent une image ronde & bien terminée, & rebuter toutes les autres qui sont en beaucoup plus grand nombre, & dont les épaisseurs étant inégales en différens endroits, ou la surface un peu concave ou convexe, au lieu d'être plane, donnent des images mal terminées, doubles, triples, oblongues, chevelues, &c. suivant les différentes défectuosités qui se trouvent dans les glaces.

Par la première expérience que j'ai faite le 23 mars 1747 à midi, j'ai mis le feu à 66 pieds de distance à une planche de hêtre goudronnée, avec quarante glaces seulement, c'est-à-dire, avec le quart du miroir environ ; mais il faut observer que n'étant pas encore monté sur son pied, il étoit posé très-désavantageusement, faisant avec le Soleil un angle de près de 20 degrés de déclinaison, & un autre de plus de 10 degrés d'inclinaison.

Le même jour j'ai mis le feu à une planche goudronnée & soufrée à 126 pieds de distance avec quatre-vingt-dix-huit glaces, le miroir étant posé encore plus désavantageusement. On sent bien que pour brûler avec le plus d'avantage, il faut que le miroir soit directement opposé au Soleil, aussi-bien que les matières qu'on veut enflammer; en sorte qu'en supposant un plan perpendiculaire sur le plan du miroir, il faut qu'il passe par le Soleil, & en même temps par le milieu des matières combustibles.

Le 3 avril à quatre heures du soir, le miroir étant monté & posé sur son pied, on a produit une légère inflammation sur une planche couverte de laine hachée à 138 pieds de distance avec cent douze glaces, quoique le Soleil fût foible, & que la lumière en fût fort pâle. Il faut prendre garde à soi lorsqu'on approche de l'endroit où sont les matières combustibles, & il ne faut pas regarder le miroir, car si malheureusement les yeux se trouvoient au foyer, on seroit aveuglé par l'éclat de la lumière.

Le 4 avril à onze heures du matin,

le Soleil étant fort pâle & couvert de vapeurs & de nuages légers, on n'a pas laiſſé de produire, avec cent cinquante-quatre glaces, à 150 pieds de diſtance, une chaleur ſi conſidérable, qu'elle a fait en moins de deux minutes, fumer une planche goudronnée, qui ſe ſeroit certainement enflammée, ſi le Soleil n'avoit pas diſparu tout-à-coup.

Le lendemain 5 avril à trois heures après midi, par un Soleil encore plus foible que le jour précédent, on a enflammé à 150 pieds de diſtance, des copeaux de ſapin ſoufrés & mêlés de charbon, en moins d'une minute & demie, avec cent cinquante-quatre glaces. Lorſque le Soleil eſt vif, il ne faut que quelques ſecondes pour produire l'inflammation,

Le 10 avril après midi, par un Soleil aſſez net, on a mis le feu à une planche de ſapin goudronnée, à 150 pieds, avec cent vingt-huit glaces ſeulement, l'inflammation a été très-ſubite, & elle s'eſt faite dans toute l'étendue du foyer qui avoit environ 16 pouces de diamètre à cette diſtance.

Le même jour à deux heures & demie, on a porté le feu sur une planche de hêtre, goudronnée en partie & couverte en quelques endroits de laine hachée; l'inflammation s'est faite très-promptement, elle a commencé par les parties du bois qui étoient découvertes; & le feu étoit si violent, qu'il a fallu tremper dans l'eau la planche pour l'éteindre; il y avoit cent quarante huit glaces, & la distance étoit de 150 pieds.

Le 11 avril, le foyer n'étant qu'à 20 pieds de distance du miroir, il n'a fallu que douze glaces pour enflammer des petites matières combustibles: avec vingt-une glaces on a mis le feu à une planche de hêtre qui avoit déjà été brûlée en partie: avec quarante-cinq glaces on a fondu un gros flacon d'étain qui pesoit environ six livres; & avec cent dix-sept glaces on a fondu des morceaux d'argent mince, & rougi une plaque de tôle: & je suis persuadé qu'à 50 pieds on fondra les métaux aussi-bien qu'à 20, en employant toutes les glaces du miroir; & comme le foyer à cette distance, est large de six à sept pouces, on pourra faire des

épreuves en grand ſur les métaux *(d)*, ce qu'il n'étoit pas poſſible de faire avec les miroirs ordinaires, dont le foyer eſt ou très-foible, ou cent fois plus petit que celui de mon miroir. J'ai remarqué

(d) Par des expériences ſubſéquentes, j'ai reconnu que la diſtance la plus avantageuſe pour faire commodément avec ces miroirs des épreuves ſur les métaux, étoit à 40 ou 45 pieds. Les aſſiettes d'argent que j'ai fondues à cette diſtance avec deux cents vingt-quatre glaces, étoient bien nettes, en ſorte qu'il n'étoit pas poſſible d'attribuer la fumée très-abondante qui en ſortoit à la graiſſe, ou à d'autres matières dont l'argent ſe ſeroit imbibé, & comme ſe le perſuadoient les gens témoins de l'expérience. Je la répétai néanmoins ſur des plaques d'argent toutes neuves & j'eus le même effet. Le métal fumoit très-abondamment, quelquefois pendant plus de 8 ou 10 minutes avant de ſe fondre. J'avois deſſein de recueillir cette fumée d'argent par le moyen d'un chapiteau & d'un ajuſtement ſemblable à celui dont on ſe ſert dans les diſtillations, & j'ai toujours eu regret que mes autres occupations m'en aient empêché; car cette manière de tirer l'eau du métal, eſt peut-être la ſeule que l'on puiſſe employer. Et ſi l'on prétend que cette fumée qui m'a paru humide ne contient pas de l'eau, il ſeroit toujours très-utile de ſavoir ce que c'eſt, car il ſe peut auſſi que ce ne ſoit que du métal volatiliſé. D'ailleurs je ſuis perſuadé qu'en faiſant les mêmes épreuves ſur l'or, on le verra fumer comme l'argent, peut être moins, peut-être plus.

que les métaux & sur-tout l'argent, fument beaucoup avant de se fondre, la fumée en étoit si sensible qu'elle faisoit ombre sur le terrein; & c'est-là où je l'observai attentivement; car il n'est pas possible de regarder un instant le foyer, lorsqu'il tombe sur du métal: l'éclat en est beaucoup plus vif que celui du Soleil.

Les expériences que j'ai rapportées ci-dessus, & qui ont été faites dans les premiers temps de l'invention de ces miroirs, ont été suivies d'un grand nombre d'autres expériences qui confirment les premières. J'ai enflammé du bois jusqu'à 200 & même 210 pieds avec ce même miroir, par le Soleil d'été, toutes les fois que le Ciel étoit pur, & je crois pouvoir assurer qu'avec quatre semblables miroirs on brûleroit à 400 pieds & peut-être plus loin. J'ai de même fondu tous les métaux & minéraux métalliques à 25, 30 & 40 pieds. On trouvera dans la suite de cet article les usages auxquels on peut appliquer ces miroirs, & les limites qu'on doit assigner à leur puissance pour la calcination, la combustion, la fusion, &c.

Il faut environ une demi-heure pour monter le miroir, & pour faire coïncider toutes les images au même point; mais lorſqu'il eſt une fois ajuſté, on peut s'en ſervir à toute heure, en tirant ſeulement un rideau, il mettra le feu aux matières combuſtibles très-promptement, & on ne doit pas le déranger à moins qu'on ne veuille changer la diſtance; par exemple, lorſqu'il eſt arrangé pour brûler à 100 pieds, il faut une demi-heure pour l'ajuſter à la diſtance de 150 pieds, & ainſi des autres.

Ce miroir brûle en haut, en bas & horizontalement, ſuivant la différente inclinaiſon qu'on lui donne; les expériences que je viens de rapporter, ont été faites publiquement au Jardin du Roi, ſur un terrein horizontal, contre des planches poſées verticalement: je crois qu'il n'eſt pas néceſſaire d'avertir qu'il auroit brûlé avec plus de force en haut, & moins de force en bas; & de même, qu'il eſt plus avantageux d'incliner le plan des matières combuſtibles parallèlement au plan du miroir: ce qui fait qu'il a cet avantage de brûler en haut, en bas & horizontalement, ſur

sur les miroirs ordinaires de réflexion qui ne brûlent qu'en haut, c'est que son foyer est fort éloigné, & qu'il a si peu de courbure qu'elle est insensible à l'œil; il est large de 7 pieds, & haut de 8 pieds, ce qui ne fait qu'environ la 150.e partie de la circonférence de la sphère, lorsqu'on brûle à 150 pieds.

La raison qui m'a déterminé à préférer des glaces de 6 pouces de largeur sur 8 pouces de hauteur, à des glaces quarrées de 6 ou 8 pouces, c'est qu'il est beaucoup plus commode de faire les expériences sur un terrein horizontal & de niveau, que de les faire de bas en haut, & qu'avec cette figure plus haute que large, les images étoient plus rondes, au lieu qu'avec des glaces quarrées, elles auroient été raccourcies, sur-tout pour les petites distances, dans cette situation horizontale.

Cette découverte nous fournit plusieurs choses utiles pour la Physique, & peut-être pour les Arts. On sait que ce qui rend les miroirs ordinaires de réflexion presque inutiles pour les expériences, c'est qu'ils brûlent toujours en haut, & qu'on est fort embarrassé de trouver des

moyens pour ſuſpendre ou ſoutenir à leur foyer les matières qu'on veut fondre ou calciner : au moyen de mon miroir, on fera brûler en bas les miroirs concaves, & avec un avantage ſi conſidérable, qu'on aura une chaleur de tel degré qu'on voudra; par exemple, en oppoſant à mon miroir, un miroir concave d'un pied quarré de ſurface, la chaleur que ce dernier miroir produira à ſon foyer, en employant cent cinquante-quatre glaces ſeulement, ſera plus de douze fois plus grande que celle qu'il produit ordinairement, & l'effet ſera le même que s'il exiſtoit douze Soleils au lieu d'un, ou plutôt que ſi le Soleil avoit douze fois plus de chaleur.

Secondement, on aura par le moyen de mon miroir la vraie échelle de l'augmentation de la chaleur, & on fera un thermomètre réel, dont les diviſions n'auront plus rien d'arbitraire, depuis la température de l'air juſqu'à tel degré de chaleur qu'on voudra, en faiſant tomber une à une ſucceſſivement, les images du Soleil les unes ſur les autres, & en graduant les intervalles, ſoit au moyen

d'une liqueur expansive, soit au moyen d'une machine de dilatation; & de-là nous saurons en effet ce que c'est qu'une augmentation double, triple, quadruple, &c. de chaleur *(e)*, & nous connoîtrons les matières dont l'expansion, ou les autres effets seront les plus convenables pour mesurer les augmentations de chaleur.

Troisièmement, nous saurons au juste combien de fois il faut la chaleur du Soleil pour brûler, fondre ou calciner différentes matières, ce qu'on ne savoit estimer jusqu'ici que d'une manière vague & fort éloignée de la vérité; & nous serons en état de faire des comparaisons précises de l'activité de nos feux avec celle du Soleil, & d'avoir sur cela des rapports exacts, & des mesures fixes & invariables.

(e) Feu M. de Mairan a fait une épreuve avec trois glaces seulement, & a trouvé que les augmentations du double & du triple de chaleur étoient comme les divisions du thermomètre de Reaumur; mais on ne doit rien conclure de cette expérience qui n'a donné lieu à ce résultat que par une espèce de hasard. *Voyez sur ce sujet ce que j'ai dit dans mon* TRAITÉ DES ÉLÉMENS.

Enfin, on sera convaincu lorsqu'on aura examiné la théorie que j'ai donnée, & qu'on aura vu l'effet de mon miroir, que le moyen que j'ai employé étoit le seul par lequel il fût possible de réussir à brûler au loin : car indépendamment de la difficulté physique de faire de grands miroirs concaves sphériques, paraboliques, ou d'une autre courbure quelconque assez régulière pour brûler à 150 pieds; on se démontrera aisément à soi-même, qu'ils ne produiroient qu'à peu-près autant d'effet que le mien, parce que le foyer en seroit presque aussi large; que de plus, ces miroirs courbes, quand même il seroit possible de les exécuter, auroient le désavantage très-grand de ne brûler qu'à une seule distance, au lieu que le mien brûle à toutes les distances; & par conséquent on abandonnera le projet de faire, par le moyen des courbes, des miroirs pour brûler au loin, ce qui a occupé inutilement un grand nombre de Mathématiciens & d'Artistes qui se trompoient toujours, parce qu'ils considéroient les rayons du Soleil comme parallèles, au lieu qu'il faut les considérer ici tels qu'ils sont,

c'eſt-à-dire, comme faiſant des angles de toute grandeur, depuis zéro juſqu'à 32 minutes, ce qui fait qu'il eſt impoſſible, quelque courbure qu'on donne à un miroir, de rendre le diamètre du foyer plus petit que la corde de l'arc qui meſure cet angle de 32 minutes. Ainſi quand même on pourroit faire un miroir concave pour brûler à une grande diſtance, par exemple, à 150 pieds, en le travaillant dans tous ſes points ſur une ſphère de 600 pieds de diamètre, & en employant une maſſe énorme de verre ou de métal, il eſt clair qu'on aura à peu-près autant d'avantage à n'employer au contraire que de petits miroirs plans.

Au reſte, comme tout a des limites, quoique mon miroir ſoit ſuſceptible d'une plus grande perfection, tant pour l'ajuſtement que pour pluſieurs autres choſes, & que je compte bien en faire un autre dont les effets ſeront ſupérieurs, cependant il ne faut pas eſpérer qu'on puiſſe jamais brûler à de très-grandes diſtances; car pour brûler, par exemple, à une demi-lieue, il faudroit un miroir deux mille fois plus grand que le mien; &

tout ce qu'on pourra jamais faire, est de brûler à 8 ou 900 pieds tout au plus. Le foyer dont le mouvement correspond toujours à celui du Soleil, marche d'autant plus vîte qu'il est plus éloigné du miroir, & à 900 pieds de distance, il feroit un chemin d'environ 6 pieds par minute.

Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'on peut faire, avec des petits morceaux plats de glace ou de métal, des miroirs dont les foyers seront variables, & qui brûleront à de petites distances avec une grande vivacité; & en les montant à peu-près comme l'on monte les parasols, il ne faudroit qu'un seul mouvement pour en ajuster le foyer.

Maintenant que j'ai rendu compte de ma découverte & du succès de mes expériences, je dois rendre à Archimède & aux Anciens, la gloire qui leur est dûe. Il est certain qu'Archimède a pu faire avec des miroirs de métal ce que je fais avec des miroirs de verre; il est sûr qu'il avoit plus de lumières qu'il n'en faut pour imaginer la théorie qui m'a guidé & la mécanique que j'ai fait exécuter, & que par conséquent on ne peut lui refuser le

titre de premier inventeur de ces miroirs, que l'occasion où il fut les employer, rendit sans doute plus célèbres que le mérite de la chose même.

Pendant le temps que je travaillois à ces miroirs, j'ignorois le détail de tout ce qu'en ont dit les Anciens; mais après avoir réussi à les faire, je fus bien aise de m'en instruire. Feu M. Melot, de l'Académie des Belles-Lettres, & l'un des Gardes de la Bibliothèque du Roi, dont la grande érudition & les talens étoient connus de tous les Savans, eut la bonté de me communiquer une excellente Dissertation qu'il avoit faite sur ce sujet, dans laquelle il rapporte les témoignages de tous les Auteurs qui ont parlé des miroirs ardens d'Archimède; ceux qui en parlent le plus clairement sont, Zonaras & Tzetzès, qui vivoient tous deux dans le XIIe siècle: le premier dit, qu'*Archimède* avec ses miroirs ardens, mit en cendres toute la flotte des Romains: *ce Géomètre*, dit-il, *ayant reçu les rayons du Soleil sur un miroir, à l'aide de ces rayons rassemblés & réfléchis par l'épaisseur & le poli du miroir, il embrasa l'air, & alluma une grande flamme*

qu'il lança toute entière ſur les vaiſſeaux qui mouilloient dans la ſphère de ſon activité, & qui furent tous réduits en cendres. Le même Zonaras rapporte auſſi, qu'au ſiége de Conſtantinople, ſous l'empire d'Anaſtaſe, l'an 514 de Jéſus-Chriſt, Proclus brûla avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien qui aſſiégeoit Conſtantinople; & il ajoute que ces miroirs étoient une découverte ancienne, & que l'hiſtorien Dion en donne l'honneur à Archimède qui la fit, & s'en ſervit contre les Romains, lorſque Marcellus fit le ſiége de Syracuſe.

Tzetzès, non-ſeulement rapporte & aſſure le fait des miroirs, mais même il en explique en quelque façon la conſtruction. *Lorſque les vaiſſeaux Romains*, dit-il, *furent à la portée du trait, Archimède fit faire une eſpèce de miroir hexagone, & d'autres plus petits de vingt-quatre angles chacun, qu'il plaça dans une diſtance proportionnée & qu'on pouvoit mouvoir à l'aide de leurs charnières & de certaines lames de métal; il plaça le miroir hexagone de façon qu'il étoit coupé par le milieu par le méridien d'hiver & d'été, en ſorte que les rayons*

du Soleil reçus sur ce miroir venant à se briser, allumèrent un grand feu qui réduisit en cendres les vaisseaux Romains, quoiqu'ils fussent éloignés de la portée d'un trait. Ce passage me paroît assez clair; il fixe la distance à laquelle Archimède a brûlé, la portée du trait ne peut guère être que de 150 ou 200 pieds; il donne l'idée de la construction, & fait voir que le miroir d'Archimède pouvoit être comme le mien, composé de plusieurs petits miroirs qui se mouvoient par des mouvemens de charnières & de ressorts, & enfin il indique la position du miroir, en disant que le miroir hexagone autour duquel étoient sans doute les miroirs plus petits, étoit coupé par le méridien, ce qui veut dire apparemment que le miroir doit être opposé directement au Soleil; d'ailleurs le miroir hexagone étoit probablement celui dont l'image servoit de mire pour ajuster les autres, & cette figure n'est pas tout-à-fait indifférente, non plus que celle de vingt-quatre angles ou vingt-quatre côtés des petits miroirs. Il est aisé de sentir qu'il y a en effet de l'avantage à donner à ces miroirs une figure polygone

d'un grand nombre de côtés égaux, afin que la quantité de lumière ſoit moins inégalement répartie dans l'image réfléchie, & elle ſera répartie le moins inégalement qu'il eſt poſſible lorſque les miroirs ſeront circulaires : j'ai bien vu qu'il y avoit de la perte à employer des miroirs quadrangulaires, longs de 6 pouces ſur 8 pouces ; mais j'ai préféré cette forme parce qu'elle eſt, comme je l'ai dit, plus avantageuſe pour brûler horizontalement.

J'ai auſſi trouvé dans la même diſſertation de M. Melot, que le P. Kircher avoit écrit qu'Archimède avoit pu brûler à une grande diſtance avec des miroirs plans, & que l'expérience lui avoit appris, qu'en réuniſſant de cette façon les images du Soleil, on produiſoit une chaleur conſidérable au point de réunion.

Enfin dans les Mémoires de l'Académie, *année 1726*, M. du Fay, dont j'honorerai toujours la mémoire & les talens, paroît avoir touché à cette découverte, il dit : qu'*ayant reçu l'image du Soleil ſur un miroir plan d'un pied en quarré, & l'ayant portée juſqu'à 600 pieds ſur un miroir concave de 17 pouces de diamètre, elle avoit*

encore la force de brûler des matières combuſtibles au foyer de ce dernier miroir. Et à la fin de ſon Mémoire, il dit : *que quelques Auteurs*, il veut ſans doute parler du P. Kircher, *ont propoſé de former un miroir d'un très-long foyer par un grand nombre de petits miroirs plans, que pluſieurs perſonnes tiendroient à la main, & dirigeroient de façon que les images du Soleil formées par chacun de ces miroirs, concourroient en un même point, & que ce ſeroit peut-être la façon de réuſſir la plus ſûre & la moins difficile à exécuter.* Un peu de réflexion ſur l'expérience du miroir concave & ſur ce projet, auroit porté M. du Fay à la découverte du miroir d'Archimède, qu'il traite cependant de fable un peu plus haut; car il me paroît qu'il étoit tout naturel de conclure de ſon expérience, que puiſqu'un miroir concave de 17 pouces de diamètre ſur lequel l'image du Soleil ne tomboit pas toute entière, à beaucoup près, peut cependant brûler par cette ſeule partie de l'image du Soleil réfléchie à 600 pieds, dans un foyer que je ſuppoſe large de 3 lignes; onze cents cinquante-ſix miroirs plans ſemblables

au premier miroir réfléchiſſant, doivent à plus forte raiſon brûler directement à cette diſtance de 600 pieds, & que par conſéquent deux cents quatre-vingt-neuf miroirs plans auroient été plus que ſuffiſans pour brûler à 300 pieds, en réuniſſant les deux cents quatre-vingt-neuf images : mais en fait de découverte le dernier pas, quoique ſouvent le plus facile, eſt cependant celui qu'on fait le plus rarement.

Mon Mémoire, tel qu'on vient de le lire, a été imprimé dans le volume de l'Académie des Sciences, *année 1747*, ſous le titre : *Invention des miroirs pour brûler à une grande diſtance.* Feu M. Bouguer, & quelques autres Membres de cette ſavante Compagnie, m'ayant fait pluſieurs objections, tirées principalement de la doctrine de Deſcartes, dans ſon Traité de Dioptrique, je crus devoir y répondre par le Mémoire ſuivant, qui fut lû à l'Académie la même année, mais que je ne fis pas imprimer par ménagement pour mes adverſaires en opinion. Cependant comme il contient pluſieurs choſes utiles, & qu'il pourra ſervir de préſervatif contre les erreurs contenues dans quelques livres

d'Optique, sur-tout dans celui de la Dioptrique de Descartes, que d'ailleurs il sert d'explication & de suite au Mémoire précédent; j'ai jugé à propos de les joindre ici & de les publier ensemble.

ARTICLE SECOND.

RÉFLEXIONS sur le jugement de Descartes, au sujet des miroirs d'Archimède, avec le développement de la théorie de ces miroirs & l'explication de leurs principaux usages.

LA Dioptrique de Descartes, cet ouvrage qu'il a donné comme le premier & le principal essai de sa méthode de raisonner dans les Sciences, doit être regardée comme un chef-d'œuvre pour son temps; mais les plus belles spéculations sont souvent démenties par l'expérience, & tous les jours les sublimes Mathématiques sont obligées de se plier sous de nouveaux faits; car dans l'application qu'on en fait aux plus petites parties de la Physique, on doit se défier de toutes les circonstances, & ne pas se confier assez aux

choses qu'on croit savoir pour prononcer affirmativement sur celles qui sont inconnues. Ce défaut n'est cependant que trop ordinaire, & j'ai cru que je ferois quelque chose d'utile pour ceux qui veulent s'occuper d'Optique, que de leur exposer ce qui manquoit à Descartes, pour pouvoir donner une théorie de cette science qui fût susceptible d'être réduite en pratique.

Son Traité de Dioptrique est divisé en dix Discours, dans le premier, notre Philosophe parle de la lumière ; & comme il ignoroit son mouvement progressif qui n'a été découvert que quelque temps après par Roëmer, il faut modifier tout ce qu'il dit à cet égard, & on ne doit adopter aucune des explications qu'il donne au sujet de la nature & de la propagation de la lumière, non plus que les comparaisons & les hypothèses qu'il emploie pour tâcher d'expliquer les causes & les effets de la vision. On sait actuellement que la lumière est environ 7 minutes $\frac{1}{2}$ à venir du Soleil jusqu'à nous, que cette émission du corps lumineux se renouvelle à chaque instant, & que ce n'est pas par la pression continue & par l'action, ou

plutôt l'ébranlement instantané d'une matière subtile que ses effets s'opèrent; ainsi toutes les parties de ce Traité, où l'Auteur emploie cette théorie, sont plus que suspectes, & les conséquences ne peuvent être qu'erronées.

Il en est de même de l'explication que Descartes donne de la réfraction; non-seulement sa théorie est hypothétique pour la cause, mais la pratique est contraire dans tous les effets. Les mouvemens d'une balle qui traverse l'eau, sont très-différens de ceux de la lumière qui traverse le même milieu; & s'il eût comparé ce qui arrive en effet à une balle, avec ce qui arrive à la lumière, il en auroit tiré des conséquences tout-à-fait opposées à celles qu'il a tirées.

Et pour ne pas omettre une chose très-essentielle, & qui pourroit induire en erreur, il faut bien se garder, en lisant cet article, de croire avec notre Philosophe, que le mouvement rectiligne peut se changer naturellement en un mouvement circulaire; cette assertion est fausse, & le contraire est démontré depuis que l'on connoît les loix du mouvement.

Comme le ſecond Diſcours roule en grande partie ſur cette théorie hypothétique de la réfraction, je me diſpenſerai de parler en détail des erreurs qui en ſont les conſéquences, un Lecteur averti ne peut manquer de les remarquer.

Dans les troiſième, quatrième & cinquième Diſcours, il eſt queſtion de la viſion, & l'explication que Deſcartes donne au ſujet des images qui ſe forment au fond de l'œil, eſt aſſez juſte; mais ce qu'il dit ſur les couleurs ne peut pas ſe ſoutenir ni même s'entendre : car comment concevoir qu'une certaine proportion entre le mouvement rectiligne & un prétendu mouvement circulaire, puiſſe produire des couleurs! Cette partie a été, comme l'on ſait, traitée à fond & d'une manière démonſtrative par Newton, & l'expérience a fait voir l'inſuffiſance de tous les ſyſtèmes précédens.

Je ne dirai rien du ſixième Diſcours, où il tâche d'expliquer comment ſe font nos ſenſations : quelque ingénieuſes que ſoient ſes hypothèſes, il eſt aiſé de ſentir qu'elles ſont gratuites; & comme il n'y a preſque rien de mathématique dans

cette partie, il eſt inutile de nous y arrêter.

Dans le ſeptième & le huitième Diſcours, Deſcartes donne une belle théorie géométrique ſur les formes que doivent avoir les verres pour produire les effets qui peuvent ſervir à la perfection de la viſion, & après avoir examiné ce qui arrive aux rayons qui traverſent ces verres de différentes formes, il conclut que les verres elliptiques & hyperboliques, ſont les meilleurs de tous pour raſſembler les rayons; & il finit par donner dans le neuvième Diſcours la manière de conſtruire les lunettes de longue vue, & dans le dixième & dernier Diſcours, celle de tailler les verres.

Cette partie de l'ouvrage de Deſcartes, qui eſt proprement la ſeule partie mathématique de ſon Traité, eſt plus fondée & beaucoup mieux raiſonnée que les précédentes; cependant on n'a point appliqué ſa théorie à la pratique, on n'a pas taillé des verres elliptiques ou hyperboliques, & l'on a oublié ces fameuſes ovales qui ſont le principal objet du ſecond Livre de ſa Géométrie; la différente réfrangibilité

des rayons, qui étoit inconnue à Deſcartes, n'a pas été découverte que cette théorie géométrique a été abandonnée : il eſt en effet démontré qu'il n'y a pas autant à gagner par le choix de ces formes qu'il y a à perdre par la différente réfrangibilité des rayons, puiſque ſelon leur différent degré de réfrangibilité, ils ſe raſſemblent plus ou moins près ; mais comme l'on eſt parvenu à faire des lunettes achromatiques, dans leſquelles on compenſe la différente réfrangibilité des rayons par des verres de différente denſité ; il ſeroit très-utile aujourd'hui de tailler des verres hyperboliques ou elliptiques, ſi l'on veut donner aux lunettes achromatiques toute la perfection dont elles ſont ſuſceptibles.

Après ce que je viens d'expoſer, il me ſemble que l'on ne devroit pas être ſurpris que Deſcartes eût mal prononcé au ſujet des miroirs d'Archimède, puiſqu'il ignoroit un ſi grand nombre de choſes qu'on a découvertes depuis : mais comme c'eſt ici le point particulier que je veux examiner, il faut rapporter ce qu'il en a dit, afin qu'on ſoit plus en état d'en juger.

« Vous pouvez auſſi remarquer par

occaſion, que les rayons du Soleil « ramaſſés par le verre elliptique, doivent « brûler avec plus de force qu'étant raſ- « ſemblés par l'hyperbolique, car il ne « faut pas ſeulement prendre garde aux « rayons qui viennent du centre du Soleil, « mais auſſi à tous les autres qui venant « des autres points de la ſuperficie, n'ont « pas ſenſiblement moins de force que « ceux du centre; en ſorte que la vio- « lence de la chaleur qu'ils peuvent cauſer, « ſe doit meſurer par la grandeur du « corps qui les aſſemble, comparée avec « celle de l'eſpace où il les aſſemble. . . . « ſans que la grandeur du diamètre de « ce corps y puiſſe rien ajouter, ni ſa « figure particulière, qu'environ un quart « ou un tiers tout au plus; il eſt certain « que cette ligne brûlante à l'infini, que « quelques-uns ont imaginée, n'eſt « qu'une rêverie. »

Juſqu'ici il n'eſt queſtion que de verres brûlans par réfraction, mais ce raiſonnement doit s'appliquer de même aux miroirs par réflexion, & avant que de faire voir que l'Auteur n'a pas tiré de cette théorie les conſéquences qu'il devoit

en tirer, il eſt bon de lui répondre d'abord par l'expérience. Cette ligne brûlante à l'infini, qu'il regarde comme une rêverie, pourroit s'exécuter par des miroirs de réflexion ſemblables au mien, non pas à une diſtance infinie, parce que l'homme ne peut rien faire d'infini, mais à une diſtance indéfinie aſſez conſidérable. Car ſuppoſons que mon miroir au lieu d'être compoſé de deux cents vingt-quatre petites glaces, fût compoſé de deux mille, ce qui eſt poſſible; il n'en faut que vingt pour brûler à 20 pieds, & le foyer étant comme une colonne de lumière, ces vingt glaces brûlent en même temps à 17 & à 23 pieds; avec vingt-cinq autres glaces, je ferai un foyer qui brûlera depuis 23 juſqu'à 30; avec vingt-neuf glaces, un foyer qui brûlera depuis 30 juſqu'à 40; avec trente-quatre glaces, un foyer qui brûlera depuis 40 juſqu'à 52; avec quarante glaces, depuis 52 juſqu'à 64; avec cinquante glaces, depuis 64 juſqu'à 76; avec ſoixante glaces, depuis 76 juſqu'à 88; avec ſoixante-dix glaces, depuis 88 juſqu'à 100 pieds: voilà donc déjà une ligne brûlante, depuis 17 juſqu'à 100

pieds, où je n'aurai employé que trois cents vingt-huit glaces; & pour la continuer, il n'y a qu'à faire d'abord un foyer de quatre-vingts glaces, il brûlera depuis 100 pieds jusqu'à 116; & quatre-vingt-douze glaces, depuis 116 jusqu'à 134 pieds; & cent huit glaces, depuis 134 jusqu'à 150; & cent vingt-quatre glaces, depuis 150 jusqu'à 170; & cent cinquante-quatre glaces, depuis 170 jusqu'à 200 pieds; ainsi voilà ma ligne brûlante prolongée de 100 pieds, en sorte que depuis dix-sept pieds jusqu'à 200 pieds, en quelqu'endroit de cette distance qu'on puisse mettre un corps combustible, il sera brûlé; & pour cela il ne faut en tout que huit cents quatre-vingt-six glaces de six pouces, & en employant le reste des deux mille glaces, je prolongerai de même la ligne brûlante jusqu'à 3 & 400 pieds; & avec un plus grand nombre de glaces, par exemple, avec quatre mille je la prolongerai beaucoup plus loin, à une distance indéfinie. Or tout ce qui dans la pratique est indéfini, peut être regardé comme infini dans la théorie; donc notre célèbre Philosophe a eu tort de dire que cette

ligne brûlante à l'infini n'étoit qu'une rêverie.

Maintenant, venons à la théorie, rien n'eſt plus vrai que ce que dit ici Deſcartes au ſujet de la réunion des rayons du Soleil, qui ne ſe fait pas dans un point, mais dans un eſpace ou foyer dont le diamètre augmente à proportion de la diſtance. Mais ce grand Philoſophe n'a pas ſenti l'étendue de ce principe qu'il ne donne que comme une remarque; car s'il y eût fait attention, il n'auroit pas conſidéré dans tout le reſte de ſon ouvrage les rayons du Soleil comme parallèles, il n'auroit pas établi comme le fondement de la théorie de ſa conſtruction des lunettes, la réunion des rayons dans un point, & il ſe ſeroit bien gardé de dire affirmativement, *(page 131) Nous pourrons par cette invention voir des objets auſſi particuliers & auſſi petits dans les aſtres, que ceux que nous voyons communément ſur la terre.* Cette aſſertion ne pouvoit être vraie qu'en ſuppoſant le paralléliſme des rayons & leur réunion en un ſeul point, & par conſéquent elle eſt oppoſée à ſa propre théorie, ou plutôt il n'a pas employé

la théorie comme il le falloit ; & en effet, s'il n'eût pas perdu de vue cette remarque, il eût supprimé les deux derniers Livres de sa Dioptrique ; car il auroit vu que quand même les Ouvriers eussent pu tailler les verres comme il l'exigeoit, ces verres n'auroient pas produit les effets qu'il leur a supposés, de nous faire distinguer les plus petits objets dans les astres ; à moins qu'il n'eût en même temps supposé dans ces objets une intensité de lumière infinie, ou, ce qui revient au même, qu'ils eussent, malgré leur éloignement, pu former un angle sensible à nos yeux.

Comme ce point d'Optique n'a jamais été bien éclairci, j'entrerai dans quelque détail à cet égard : on peut démontrer que deux objets également lumineux & dont les diamètres sont différens, ou bien que deux objets dont les diamètres sont égaux, & dont l'intensité de lumière est différente, doivent être observés avec des lunettes différentes ; que pour observer avec le plus grand avantage possible, il faudroit des lunettes différentes pour chaque Planète ; que, par exemple, Vénus qui nous paroît bien plus petite que la

Lune, & dont je ſuppoſe pour un inſtant la lumière égale à celle de la Lune, doit être obſervée avec une lunette d'un plus long foyer que la Lune; & que la perfection des lunettes, pour en tirer le plus grand avantage poſſible, dépend d'une combinaiſon qu'il faut faire, non-ſeulement entre les diamètres & les courbures des verres, comme Deſcartes l'a fait, mais encore entre ces mêmes diamètres & l'intenſité de la lumière de l'objet qu'on obſerve. Cette intenſité de la lumière de chaque objet, eſt un élément que les Auteurs qui ont écrit ſur l'Optique n'ont jamais employé, & cependant il fait plus que l'augmentation de l'angle ſous lequel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres. Il en eſt de même d'une choſe qui ſemble être un paradoxe, c'eſt que les miroirs ardens, ſoit par réflexion, ſoit par réfraction, feroient un effet toujours égal à quelque diſtance qu'on les mît du Soleil. Par exemple, mon miroir brûlant à 150 pieds du bois ſur la Terre, brûleroit de même à 150 pieds & avec autant de force du bois dans Saturne, où cependant la chaleur du Soleil

est environ cent fois moindre que sur la Terre. Je crois que les bons esprits sentiront bien, sans autre démonstration, la vérité de ces deux propositions, quoique toutes deux nouvelles & singulières.

Mais pour ne pas m'écarter du sujet que je me suis proposé, & pour démontrer que Descartes n'ayant pas la théorie qui est nécessaire pour construire les miroirs d'Archimède, il n'étoit pas en état de prononcer qu'ils étoient impossibles, je vais faire sentir, autant que je le pourrai, en quoi consistoit la difficulté de cette invention.

Si le Soleil, au lieu d'occuper à nos yeux un espace de 32 minutes de degré, étoit réduit en un point, alors il est certain que ce point de lumière réfléchie par un point d'une surface polie, produiroit à toutes les distances une lumière & une chaleur égales, parce que l'interposition de l'air ne fait rien ou presque rien ici; que par conséquent un miroir dont la surface seroit égale à celle d'un autre, brûleroit à dix lieues à peu-près aussi-bien que le premier brûleroit à 10 pieds, s'il étoit possible de le travailler

ſur une ſphère de quarante lieues, comme on peut travailler l'autre ſur une ſphère de 40 pieds; parce que chaque point de la ſurface du miroir réfléchiſſant le point lumineux auquel nous avons réduit le diſque du Soleil, on auroit, en variant la courbure des miroirs, une égale chaleur ou une égale lumière à toutes les diſtances ſans changer leurs diamètres; ainſi pour brûler à une grande diſtance, dans ce cas il faudroit en effet un miroir très-exactement travaillé ſur une ſphère, ou une hyperboloïde proportionnée à la diſtance, ou bien un miroir briſé en une infinité de points phyſiques plans, qu'il faudroit faire coïncider au même point; mais le diſque du Soleil occupant un eſpace de 32 minutes de degré, il eſt clair que le même miroir ſphérique ou hyperbolique ou d'une autre figure quelconque, ne peut jamais, en vertu de cette figure, réduire l'image du Soleil en un eſpace plus petit que de 32 minutes; que dès-lors l'image augmentera toujours à meſure qu'on s'éloignera; que de plus chaque point de la ſurface nous donnera une image d'une même largeur, par

exemple, d'un demi-pied à 60 pieds: or comme il eſt néceſſaire pour produire tout l'effet poſſible que toutes ces images coïncident dans cet eſpace d'un demi-pied, alors au lieu de briſer le miroir en une infinité de parties, il eſt évident qu'il eſt à peu-près égal & beaucoup plus commode de ne le briſer qu'en un petit nombre de parties planes d'un demi-pied de diamètre chacune, parce que chaque petit miroir plan d'un demi-pied donnera une image d'environ un demi-pied, qui ſera à peu-près auſſi lumineuſe qu'une pareille ſurface d'un demi-pied priſe dans le miroir ſphérique ou hyperbolique.

La théorie de mon miroir ne conſiſte donc pas, comme on l'a dit ici, à avoir trouvé l'art d'inſcrire aiſément des plans dans une ſurface ſphérique & le moyen de changer à volonté la courbure de cette ſurface ſphérique; mais elle ſuppoſe cette remarque plus délicate & qui n'avoit jamais été faite, c'eſt qu'il y a preſque autant d'avantage à ſe ſervir de miroirs plans que de miroirs de toute autre figure, dès qu'on veut brûler à une certaine diſtance, & que la grandeur du miroir plan eſt

déterminée par la grandeur de l'image à cette diſtance, en ſorte qu'à la diſtance de 60 pieds, où l'image du Soleil a environ un demi-pied de diamètre, on brûlera à peu-près auſſi-bien avec des miroirs plans d'un demi-pied qu'avec des miroirs hyperboliques les mieux travaillés, pourvu qu'ils n'aient que la même grandeur. De même avec des miroirs plans d'un pouce & demi, on brûlera à 15 pieds à peu-près avec autant de force qu'avec un miroir exactement travaillé dans toutes ſes parties, & pour le dire en un mot, un miroir à facettes plates produira à peu-près autant d'effet qu'un miroir travaillé avec la dernière exactitude dans toutes ſes parties, pourvu que la grandeur de chaque facette ſoit égale à la grandeur de l'image du Soleil; & c'eſt par cette raiſon qu'il y a une certaine proportion entre la grandeur des miroirs plans & les diſtances, & que pour brûler plus loin, on peut employer, même avec avantage, de plus grandes glaces dans mon miroir que pour brûler plus près.

Car ſi cela n'étoit pas, on ſent bien qu'en réduiſant, par exemple, mes glaces

de six pouces à trois pouces, & employant quatre fois autant de ces glaces que des premières, ce qui revient au même pour l'étendue de la surface du miroir, j'aurois eu quatre fois plus d'effet, & que plus les glaces seroient petites & plus le miroir produiroit d'effet; & c'est à ceci que se seroit réduit l'art de quelqu'un qui auroit seulement tenté d'inscrire une surface polygone dans une sphère, & qui auroit imaginé l'ajustement dont je me suis servi pour faire changer à volonté la courbure de cette surface; il auroit fait les glaces les plus petites qu'il auroit été possible; mais le fond & la théorie de la chose est d'avoir reconnu qu'il n'étoit pas seulement question d'inscrire une surface polygone dans une sphère avec exactitude, & d'en faire varier la courbure à volonté; mais encore que chaque partie de cette surface devoit avoir une certaine grandeur déterminée pour produire aisément un grand effet; ce qui fait un problème fort différent, & dont la solution m'a fait voir qu'au lieu de travailler ou de briser un miroir dans toutes ses parties pour faire coïncider les images au même endroit, il suffisoit de

le briſer ou de le travailler à facettes planes en grandes portions égales à la grandeur de l'image, & qu'il y avoit peu à gagner en le briſant en de trop petites parties, ou, ce qui eſt la même choſe, en le travaillant exactement dans tous ſes points. C'eſt pour cela que j'ai dit dans mon Mémoire, que pour brûler à de grandes diſtances il falloit imaginer quelque choſe de nouveau & tout-à-fait indépendant de ce qu'on avoit penſé & pratiqué juſqu'ici, & ayant ſupputé géométriquement la différence, j'ai trouvé qu'un miroir parfait de quelque courbure qu'il puiſſe être, n'aura jamais plus d'avantage ſur le mien que de 17 à 10, & qu'en même temps l'exécution en ſeroit impoſſible pour ne brûler même qu'à une petite diſtance comme de 25 ou 30 pieds. Mais revenons aux aſſertions de Deſcartes.

Il dit enſuite « qu'ayant deux verres » ou miroirs ardens, dont l'un ſoit beaucoup plus grand que l'autre, de quelque » façon qu'ils puiſſent être, pourvu que » leurs figures ſoient toutes pareilles, le » plus grand doit bien ramaſſer les rayons » du Soleil en un plus grand eſpace &

plus loin de soi que le plus petit, mais « que ces rayons ne doivent point avoir « plus de force en chaque partie de cet « espace qu'en celui où le plus petit les « ramasse, en sorte qu'on peut faire des « verres ou miroirs extrêmement petits, « qui brûleront avec autant de violence « que les plus grands. »

Ceci est absolument contraire aux expériences que j'ai rapportées dans mon Mémoire, où j'ai fait voir qu'à égale intensité de lumière un grand foyer brûle beaucoup plus qu'un petit, & c'est en partie sur cette remarque, toute opposée au sentiment de Descartes, que j'ai fondé la théorie de mes miroirs; car voici ce qui suit de l'opinion de ce Philosophe. Prenons un grand miroir ardent, comme celui du sieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 9 lignes de largeur à 6 pieds de distance, auquel foyer le cuivre se fond en une minute, & faisons dans les mêmes proportions un petit miroir ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer sera de $\frac{9}{12}$ ou de $\frac{3}{4}$ de ligne de diamètre, & la distance de 6 pouces; puisque le grand miroir fond le

cuivre en une minute dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de 9 lignes, le petit doit, ſelon Deſcartes, fondre dans le même temps la même matière dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de $\frac{3}{4}$ de ligne; or j'en appelle à l'expérience, & on verra que bien loin de fondre le cuivre, à peine ce petit verre brûlant pourra-t-il lui donner un peu de chaleur.

Comme ceci eſt une remarque phyſique & qui n'a pas peu ſervi à augmenter mes eſpérances lorſque je doutois encore ſi je pourrois produire du feu à une grande diſtance, je crois devoir communiquer ce que j'ai penſé à ce ſujet.

La première choſe à laquelle je fis attention, c'eſt que la chaleur ſe communique de proche en proche & ſe diſperſe, quand même elle eſt appliquée continuellement ſur le même point; par exemple, ſi on fait tomber le foyer d'un verre ardent ſur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit ſur le centre de l'écu ſe diſperſe & s'étend dans le volume entier de l'écu, & il devient chaud juſqu'à la circonférence, dès-lors toute la chaleur,

quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas & ne peut pas produire un auſſi grand effet que ſi elle y demeuroit toute entière. Mais ſi au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe ſur le milieu de l'écu, je fais tomber ſur l'écu tout entier un foyer d'égale force au premier, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas; il n'y a pas de perte de chaleur comme dans le premier, & le point du milieu profitant de la chaleur des autres points, autant que ces points profitent de la ſienne, l'écu ſera fondu par la chaleur dans ce dernier cas, tandis que dans le premier il n'aura été que légèrement échauffé. De-là je conclus que toutes les fois qu'on peut faire un grand foyer on eſt ſûr de produire de plus grands effets qu'avec un petit foyer, quoique l'intenſité de lumière ſoit la même dans tous deux; & qu'un petit miroir ardent ne peut jamais faire autant d'effet qu'un grand; & même qu'avec une moindre intenſité de lumière, un grand miroir doit faire plus d'effet qu'un petit, la figure de ces deux miroirs étant toujours ſuppoſée ſemblable. Ceci,

qui comme l'on voit, eſt directement oppoſé à ce que dit Deſcartes, s'eſt trouvé confirmé par les expériences rapportées dans mon Mémoire: mais je ne me ſuis pas borné à ſavoir d'une manière générale que les grands foyers agiſſoient avec plus de force que les petits, j'ai déterminé à très-peu près de combien eſt cette augmentation de force, & j'ai vu qu'elle étoit très-conſidérable; car j'ai trouvé que s'il faut dans un miroir cent quarante-quatre fois la ſurface d'un foyer de ſix lignes de diamètre pour brûler, il faut au moins le double, c'eſt-à-dire, deux cents quatre-vingt-huit fois cette ſurface pour brûler à un foyer de deux lignes; & qu'à un foyer de 6 pouces il ne faut pas trente fois cette même ſurface du foyer pour brûler, ce qui fait comme l'on voit une prodigieuſe différence & ſur laquelle j'ai compté lorſque j'ai entrepris de faire mon miroir, ſans cela il y auroit eu de la témérité à l'entreprendre & il n'auroit pas réuſſi. Car ſuppoſons un inſtant que je n'euſſe pas eu cette connoiſſance de l'avantage des grands foyers ſur les petits; voici comme

j'aurois été obligé de raisonner. Puisqu'il faut à un miroir deux cents quatre-vingt-huit fois la surface du foyer pour brûler dans un espace de deux lignes, il faudra de même deux cents quatre-vingt-huit glaces ou miroirs de 6 pouces pour brûler dans un espace de 6 pouces; & dès-lors, pour brûler seulement à 100 pieds, il auroit fallu un miroir composé d'environ onze cents cinquante-deux glaces de 6 pouces, ce qui étoit une grandeur énorme pour un petit effet, & cela étoit plus que suffisant pour me faire abandonner mon projet; mais connoissant l'avantage considérable des grands foyers sur les petits, qui dans ce cas est de 288 à 30, je sentis qu'avec cent vingt glaces de 6 pouces je brûlerois très-certainement à 100 pieds, & c'est sur cela que j'entrepris avec confiance la construction de mon miroir qui, comme l'on voit, suppose une théorie tant mathématique que physique, fort différente de ce qu'on pouvoit imaginer au premier coup d'œil.

Descartes ne devoit donc pas affirmer qu'un petit miroir ardent brûloit aussi violemment qu'un grand.

Il dit ensuite, « & un miroir ardent » dont le diamètre n'est pas plus grand » qu'environ la centième partie de la » distance qui est entre lui & le lieu où » il doit rassembler les rayons du Soleil; » c'est-à-dire, qui a même proportion » avec cette distance qu'a le diamètre du » Soleil avec celle qui est entre lui & » nous, fût-il poli par un Ange, ne » peut faire que les rayons qu'il assemble, » échauffent plus en l'endroit où il les » assemble que ceux qui viennent direc- » tement du Soleil, ce qui se doit aussi » entendre des verres brûlans à propor- » tion; d'où vous pouvez voir que ceux » qui ne sont qu'à demi-savans en l'Op- » tique, se laissent persuader beaucoup » de choses qui sont impossibles, & que » ces miroirs, dont on a dit qu'Archimède » brûloit des navires de fort loin, devoient » être extrêmement grands ou plutôt qu'ils sont fabuleux. »

C'est ici où je bornerai mes réflexions: si notre illustre Philosophe eût su que les grands foyers brûlent plus que les petits à égale intensité de lumière, il auroit jugé bien différemment, & il

auroit mis une forte restriction à cette conclusion.

Mais indépendamment de cette connoissance qui lui manquoit, son raisonnement n'est point du tout exact ; car un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand qu'environ la centième partie qui est entre lui & le lieu où il doit rassembler les rayons, n'est plus un miroir ardent, puisque le diamètre de l'image est environ égal au diamètre du miroir dans ce cas, & par conséquent il ne peut rassembler les rayons, comme le dit Descartes, qui semble n'avoir pas vu qu'on doit réduire ce cas à celui des miroirs plans. Mais de plus, en n'employant que ce qu'il savoit, & ce qu'il avoit prévu, il est visible que s'il eût réfléchi sur l'effet de ce prétendu miroir qu'il suppose poli par un Ange, & qui ne doit pas rassembler, mais seulement réfléchir la lumière avec autant de force qu'elle en a en venant directement du Soleil ; il auroit vu qu'il étoit possible de brûler à de grandes distances avec un miroir de médiocre grandeur, s'il eût pu lui donner la figure convenable, car il auroit trouvé que dans cette hypothèse,

un miroir de cinq pieds auroit brûlé à plus de deux cents pieds, parce qu'il ne faut pas ſix fois la chaleur du Soleil pour brûler à cette diſtance ; & de même qu'un miroir de ſept pieds auroit brûlé à près de 400 pieds, ce qui ne fait pas des miroirs aſſez grands pour qu'on puiſſe les traiter de fabuleux.

Il me reſte à obſerver que Deſcartes ignoroit combien il falloit de fois la lumière du Soleil pour brûler, qu'il ne dit pas un mot des miroirs plans, qu'il étoit fort éloigné de ſoupçonner la mécanique par laquelle on pouvoit les diſpoſer pour brûler au loin, & que par conſéquent il a prononcé ſans avoir aſſez de connoiſſance ſur cette matière & même ſans avoir fait aſſez de réflexions ſur ce qu'il en ſavoit.

Au reſte je ne ſuis pas le premier qui ait fait quelques reproches à Deſcartes ſur ce ſujet, quoique j'en aie acquis le droit plus qu'un autre, car pour ne pas ſortir du ſein de cette Compagnie *(a)*, je trouve que M. du Fay en a preſque dit

(a) L'Académie Royale des Sciences,

autant que moi. Voici ſes paroles: *Il ne s'agit pas*, dit-il, *ſi un tel miroir qui brûleroit à 600 pieds eſt poſſible ou non, mais ſi, phyſiquement parlant, cela peut arriver. Cette opinion a été extrêmement contredite, & je dois mettre Deſcartes à la tête de ceux qui l'ont combattue.* Mais quoique M. du Fay regardât la choſe comme impoſſible à exécuter, il n'a pas laiſſé de ſentir que Deſcartes avoit eu tort d'en nier la poſſibilité dans la théorie. J'avouerai volontiers que Deſcartes a entrevu ce qui arrive aux images réfléchies ou réfractées à différentes diſtances, & qu'à cet égard ſa théorie eſt peut-être auſſi bonne que celle de M. du Fay, que ce dernier n'a pas développée: mais les inductions qu'il en tire ſont trop générales & trop vagues, & les dernières conſéquences ſont fauſſes; car ſi Deſcartes eût bien compris toute cette matière, au lieu de traiter le miroir d'Archimède de choſe impoſſible & fabuleuſe, voici ce qu'il auroit dû conclure de ſa propre théorie. Puiſqu'un miroir ardent, dont le diamètre n'eſt pas plus grand que la centième partie de la diſtance qui eſt entre le lieu où il doit raſſembler

les rayons du Soleil, fût-il poli par un Ange, ne peut faire que les rayons qu'il aſſemble échauffent plus en l'endroit où il les aſſemble que ceux qui viennent directement du Soleil; ce miroir ardent doit être conſidéré comme un miroir plan parfaitement poli, & par conſéquent pour brûler à une grande diſtance, il faut autant de ces miroirs plans qu'il faut de fois la lumière directe du Soleil pour brûler; en ſorte que les miroirs dont on dit qu'Archimède s'eſt ſervi pour brûler des vaiſſeaux de loin, devoient être compoſés de miroirs plans, dont il falloit au moins un nombre égal au nombre de fois qu'il faut la lumière directe du Soleil pour brûler; cette concluſion qui eût été la vraie, ſelon ſes principes, eſt, comme l'on voit, fort différente de celle qu'il a donnée.

On eſt maintenant en état de juger ſi je n'ai pas traité le célèbre Deſcartes avec tous les égards que mérite ſon grand nom, lorſque j'ai dit dans mon Mémoire: *Deſcartes né pour juger & même pour ſurvaſſer Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître: il a nié la poſſibilité de l'invention, & ſon opinion a prévalu ſur*

les témoignages & la croyance de toute l'antiquité.

Ce que je viens d'exposer suffit pour justifier ces termes que l'on m'a reprochés, & peut-être même sont-ils trop forts, car Archimède étoit un très-grand génie, & lorsque j'ai dit que Descartes étoit né pour le juger, & même pour le surpasser, j'ai senti qu'il pouvoit bien y avoir un peu de compliment national dans mon expression.

J'aurois encore beaucoup de choses à dire sur cette matière, mais comme ceci est déjà bien long, quoique j'aie fait tous mes efforts pour être court, je me bornerai pour le fond du sujet à ce que je viens d'exposer, mais je ne puis me dispenser de parler encore un moment au sujet de l'historique de la chose, afin de satisfaire par ce seul Mémoire à toutes les objections & difficultés qu'on m'a faites.

Je ne prétends pas prononcer affirmativement qu'Archimède se soit servi de pareils miroirs au siége de Syracuse, ni même que ce soit lui qui les ait inventés, & je ne les ai appelés *les miroirs d'Archimède*, que parce qu'ils étoient connus

ſous ce nom depuis pluſieurs ſiècles ; les Auteurs contemporains & ceux des temps qui ſuivent celui d'Archimède, & qui ſont parvenus juſqu'à nous, ne font pas mention de ces miroirs. Tite-Live, à qui le merveilleux fait tant de plaiſir à raconter, n'en parle pas ; Polybe, à l'exactitude de qui les grandes inventions n'auroient pas échappé, puiſqu'il entre dans le détail des plus petites, & qu'il décrit très-ſoigneuſement les plus legères circonſtances du ſiége de Syracuſe, garde un ſilence profond au ſujet de ces miroirs. Plutarque, ce judicieux & grave Auteur, qui a raſſemblé un ſi grand nombre de faits particuliers de la vie d'Archimède, parle auſſi peu des miroirs que les deux précédens. En voilà plus qu'il n'en faut pour ſe croire fondé à douter de la vérité de cette hiſtoire ; cependant ce ne ſont ici que des témoignages négatifs, & quoiqu'ils ne ſoient pas indifférens, ils ne peuvent jamais donner une probabilité équivalente à celle d'un ſeul témoignage poſitif.

Galien qui vivoit dans le ſecond ſiècle, eſt le premier qui en ait parlé, & après avoir raconté l'hiſtoire d'un homme qui

enflamma de loin un monceau de bois réſineux, mêlé avec de la fiente de pigeon, il dit, que c'eſt de cette façon qu'Archimède brûla les vaiſſeaux des Romains; mais comme il ne décrit pas ce moyen de brûler de loin, & que ſon expreſſion peut ſignifier auſſi-bien un feu qu'on auroit lancé à la main, ou par quelque machine, qu'une lumière réfléchie par un miroir, ſon témoignage n'eſt pas aſſez clair pour qu'on puiſſe en rien conclure d'affirmatif: cependant on doit préſumer, & même avec une grande probabilité, qu'il ne rapporte l'hiſtoire de cet homme qui brûla au loin, que parce qu'il le fit d'une manière ſingulière, & que s'il n'eût brûlé qu'en lançant le feu à la main, ou en le jetant par le moyen d'une machine, il n'y auroit eu rien d'extraordinaire dans cette façon d'enflammer; rien par conſéquent qui fût digne de remarque, & qui méritât d'être rapporté & comparé à ce qu'avoit fait Archimède, & dès-lors Galien n'en eût pas fait mention.

On a auſſi des témoignages ſemblables de deux ou trois autres Auteurs du IIIe ſiècle, qui diſent ſeulement qu'Archimède

brûla de loin les vaiſſeaux des Romains, ſans expliquer les moyens dont il ſe ſervit; mais les témoignages des Auteurs du XIIe ſiècle ne ſont point équivoques, & ſurtout ceux de Zonaras & de Tzetzès que j'ai cités, c'eſt-à-dire, ils nous font voir clairement que cette invention étoit connue des Anciens, car la deſcription qu'en fait ce dernier Auteur, ſuppoſe néceſſairement ou qu'il eût trouvé lui-même le moyen de conſtruire ces miroirs, ou qu'il l'eût appris & cité d'après quelque Auteur qui en avoit fait une très-exacte deſcription, & que l'inventeur, quel qu'il fût, entendoit à fond la théorie de ces miroirs, ce qui réſulte de ce que dit Tzetzès de la figure de 24 angles ou 24 côtés qu'avoient les petits miroirs, ce qui eſt en effet la figure la plus avantageuſe: ainſi on ne peut pas douter que ces miroirs n'aient été inventés & exécutés autrefois, & le témoignage de Zonaras au ſujet de Proclus n'eſt pas ſuſpect, *Proclus s'en ſervit*, dit-il, *au ſiége de Conſtantinople, l'an 514, & il brûla la flotte de Vitalien.* Et même ce que Zonaras ajoute me paroît une eſpèce de preuve, qu'Archimède étoit le premier

inventeur de ces miroirs, car il dit précisément que cette découverte étoit ancienne, & que l'historien Dion en attribue l'honneur à Archimède qui la fit & s'en servit contre les Romains au siége de Syracuse; les Livres de Dion, où il est parlé du siége de Syracuse, ne sont pas parvenus jusqu'à nous, mais il y a grande apparence qu'ils existoient encore du temps de Zonaras, & que sans cela il ne les eût pas cités comme il l'a fait. Ainsi toutes les probabilités de part & d'autre étant évaluées, il reste une forte présomption qu'Archimède avoit en effet inventé ces miroirs, & qu'il s'en étoit servi contre les Romains. Feu M. Melot, que j'ai cité dans mon Mémoire, & qui avoit fait des recherches particulières & très-exactes sur ce sujet, étoit de ce sentiment, & il pensoit qu'Archimède avoit en effet brûlé les vaisseaux à une distance médiocre, & comme le dit Tzetzès, à la portée du trait; j'ai évalué la portée du trait à 150 pieds, d'après ce que m'en ont dit des Savans très-versés dans la connoissance des usages anciens, ils m'ont assuré que toutes les fois qu'il est

queſtion, dans les Auteurs, de la portée du trait, on doit entendre la diſtance à laquelle un homme lançoit à la main un trait ou un javelot, & ſi cela eſt, je crois avoir donné à cette diſtance toute l'étendue qu'elle peut comporter.

J'ajouterai qu'il n'eſt queſtion dans aucun Auteur ancien, d'une plus grande diſtance, comme de trois ſtades, & j'ai déjà dit que l'Auteur qu'on m'avoit cité, Diodore de Sicile, n'en parle pas, non plus que du ſiége de Syracuſe, & que ce qui nous reſte de cet Auteur, finit à la guerre d'Ipſus & d'Antigonus, environ ſoixante ans avant le ſiége de Syracuſe; ainſi on ne peut pas excuſer Deſcartes, en ſuppoſant qu'il a cru que la diſtance à laquelle on a prétendu qu'Archimède avoit brûlé, étoit très-grande, comme, par exemple, de trois ſtades, puiſque cela n'eſt dit dans aucun Auteur ancien, & qu'au contraire il eſt dit dans Tzetzès, que cette diſtance n'étoit que de la portée du trait; mais je ſuis convaincu que c'eſt cette même diſtance que Deſcartes a regardée comme fort grande, & qu'il étoit perſuadé qu'il n'étoit pas

possible de faire des miroirs pour brûler à 150 pieds, qu'enfin c'est pour cette raison qu'il a traité ceux d'Archimède de fabuleux.

Au reste, les effets du miroir que j'ai construit ne doivent être regardés que comme des essais sur lesquels à la vérité, on peut statuer toutes proportions gardées, mais qu'on ne doit pas considérer comme les plus grands effets possibles, car je suis convaincu que si on vouloit faire un miroir semblable, avec toutes les attentions nécessaires, il produiroit plus du double de l'effet; la première attention seroit de prendre des glaces de figure hexagone ou même de 24 côtés, au lieu de les prendre barlongues, comme celles que j'ai employées, & cela afin d'avoir des figures qui pussent s'ajuster ensemble sans laisser de grands intervalles, & qui approchassent en même temps de la figure circulaire; la seconde, seroit de faire polir ces glaces jusqu'au dernier degré par un Lunetier, au lieu de les employer telles qu'elles sortent de la manufacture, où le poliment se faisant par une portion de cercle, les glaces sont toujours un peu

concaves & irrégulières ; la troiſième attention ſeroit de choiſir parmi un grand nombre de glaces, celles qui donneroient à une grande diſtance une image plus vive & mieux terminée, ce qui eſt extrêmement important, & au point qu'il y a dans mon miroir des glaces qui ſont ſeules trois fois plus d'effet que d'autres à une grande diſtance, quoiqu'à une petite diſtance, comme de 20 ou 25 pieds, l'effet en paroiſſe abſolument le même. Quatrièmement, il faudroit des glaces d'un demi-pied tout au plus de ſurface pour brûler à 150 ou 200 pieds, & d'un pied de ſurface pour brûler à 300 ou 400 pieds. Cinquièmement, il faudroit les faire étamer avec plus de ſoin qu'on ne le fait ordinairement ; j'ai remarqué qu'en général les glaces fraîchement étamées, réfléchiſſent plus de lumière que celles qui le ſont anciennement ; l'étamage en ſe ſéchant, ſe gerſe, ſe diviſe & laiſſe de petits intervalles qu'on aperçoit en y regardant de près avec une loupe, & ces petits intervalles donnant paſſage à la lumière, la glace en réfléchit d'autant moins. On pourroit trouver le moyen de

faire

faire un meilleur étamage, & je crois qu'on y parviendroit en employant de l'or & du vif-argent, la lumière seroit peut-être un peu jaune par la réflexion de cet étamage; mais bien loin que cela fit un désavantage, j'imagine au contraire qu'il y auroit à gagner, parce que les rayons jaunes sont ceux qui ébranlent le plus fortement la rétine & qui brûlent le plus violemment, comme je crois m'en être assuré, en réunissant, au moyen d'un verre lenticulaire, une quantité de rayons jaunes qui m'étoient fournis par un grand prisme, & en comparant leur action avec une égale quantité de rayons de toute autre couleur, réunis par le même verre lenticulaire, & fournis par le même prisme.

Sixièmement, il faudroit un chassis de fer & des vis de cuivre, & un ressort pour assujettir chacune des petites planches qui portent les glaces, tout cela conforme à un modèle que j'ai fait exécuter par le sieur Chopitel, afin que la sécheresse & l'humidité qui agissent sur le chassis & les vis en bois ne causassent pas d'inconvénient, & que le foyer, lorsqu'il est une fois formé, ne fût pas sujet à s'élargir,

& à ſe déranger lorſqu'on fait rouler le miroir ſur ſon pivot, ou qu'on le fait tourner autour de ſon axe pour ſuivre le Soleil : il faudroit auſſi y ajouter une alidade avec deux pinnules au milieu de la partie inférieure du chaſſis, afin de s'aſſurer de la poſition du miroir par rapport au Soleil, & une autre alidade ſemblable, mais dans un plan vertical au plan de la première pour ſuivre le Soleil à ſes différentes hauteurs.

Au moyen de toutes ces attentions, je crois pouvoir aſſurer, par l'expérience que j'ai acquiſe en me ſervant de mon miroir, qu'on pourroit en réduire la grandeur à moitié, & qu'au lieu d'un miroir de ſept pieds avec lequel j'ai brûlé du bois à 150 pieds, on produiroit le même effet avec un miroir de cinq pieds $\frac{1}{2}$, ce qui n'eſt, comme l'on voit, qu'une très-médiocre grandeur pour un très-grand effet ; & de même, je crois pouvoir aſſurer qu'il ne faudroit alors qu'un miroir de quatre pieds $\frac{1}{2}$ pour brûler à 100 pieds, & qu'un miroir de trois pieds $\frac{1}{2}$ brûleroit à 60 pieds, ce qui eſt une diſtance bien conſidérable en comparaiſon du diamètre du miroir.

Avec un assemblage de petits miroirs plans hexagones & d'acier poli, qui auroient plus de solidité, plus de durée que les glaces étamées, & qui ne seroient point sujets aux altérations que la lumière du Soleil fait subir à la longue à l'étamage, on pourroit produire des effets très-utiles, & qui dédommageroient amplement des dépenses de la construction du miroir.

1.° Pour toutes les évaporations des eaux salées, où l'on est obligé de consommer du bois & du charbon, ou d'employer l'art des bâtimens de graduation qui coûtent beaucoup plus que la construction de plusieurs miroirs tels que je les propose. Il ne faudroit pour l'évaporation des eaux salées, qu'un assemblage de douze miroirs plans d'un pied quarré chacun; la chaleur qu'ils réfléchiront à leur foyer, quoique dirigée au-dessous de leur niveau, & à 15 ou 16 pieds de distance, sera encore assez grande pour faire bouillir l'eau, & produire par conséquent une prompte évaporation, car la chaleur de l'eau bouillante n'est que triple de la chaleur du Soleil d'été; & comme la réflexion d'une

ſurface plane bien polie ne diminue la chaleur que de moitié, il ne faudroit que ſix miroirs pour produire au foyer une chaleur égale à celle de l'eau bouillante, mais j'en double le nombre afin que la chaleur ſe communique plus vîte, & auſſi à cauſe de la perte occaſionnée par l'obliquité, ſous laquelle le faiſceau de la lumière tombe ſur la ſurface de l'eau qu'on veut faire évaporer, & encore parce que l'eau ſalée s'échauffe plus lentement que l'eau douce. Ce miroir dont l'aſſemblage ne formeroit qu'un quarré de quatre pieds de largeur ſur trois de hauteur, ſeroit aiſé à manier & à tranſporter; & ſi l'on vouloit en doubler ou tripler les effets dans le même temps, il vaudroit mieux faire pluſieurs miroirs ſemblables, c'eſt-à-dire, doubler ou tripler le nombre de ces mêmes miroirs de quatre pieds ſur trois que d'en augmenter l'étendue; car l'eau ne peut recevoir qu'un certain degré de chaleur déterminée, & l'on ne gagneroit preſque rien à augmenter ce degré & par conſéquent la grandeur du miroir; au lieu qu'en faiſant deux foyers par deux miroirs égaux, on

doublera l'effet de l'évaporation, & on le triplera par trois miroirs dont les foyers tomberont séparément les uns des autres sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer. Au reste, l'on ne peut éviter la perte causée par l'obliquité, & si l'on veut y remédier, ce ne peut être que par une autre perte encore plus grande, en recevant d'abord les rayons du Soleil sur une grande glace qui les réfléchiroit sur le miroir brisé, car alors il brûleroit en bas au lieu de brûler en haut, mais il perdroit moitié de la chaleur par la première réflexion, & moitié du reste par la seconde, en sorte qu'au lieu de six petits miroirs, il en faudroit douze pour obtenir une chaleur égale à celle de l'eau bouillante.

Pour que l'évaporation se fasse avec plus de succès, il faudra diminuer l'épaisseur de l'eau autant qu'il sera possible. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur ne s'évaporera pas aussi vîte, à beaucoup près, que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur & augmentée du double en superficie. D'ailleurs le fond étant plus près de la surface, il s'échauffe plus

promptement, & cette chaleur que reçoit le fond du vaiſſeau contribue encore à la célérité de l'évaporation.

2.° On pourra ſe ſervir avec avantage de ces miroirs pour calciner les plâtres & même les pierres calcaires, mais il les faudroit plus grands, & placer les matières en haut afin de ne rien perdre par l'obliquité de la lumière. On a vu par les expériences détaillées dans le ſecond de ces Mémoires, que le gyps s'échauffe plus d'une fois plus vîte que la pierre calcaire tendre, & près de deux fois plus vîte que le marbre ou la pierre calcaire dure, leur calcination reſpective doit être en même raiſon. J'ai trouvé par une expérience répétée trois fois, qu'il faut un peu plus de chaleur pour calciner le gyps blanc qu'on appelle *albâtre*, que pour fondre le plomb. Or la chaleur néceſſaire pour fondre le plomb, eſt ſuivant les expériences de Newton, huit fois plus grande que la chaleur du Soleil d'été, il faudroit donc au moins ſeize petits miroirs pour calciner le gyps, & à cauſe des pertes occaſionnées, tant par l'obliquité de la lumière que par l'irrégularité

du foyer, qu'on n'éloignera pas au-delà de quinze pieds, je présume qu'il faudroit vingt & peut-être vingt-quatre miroirs d'un pied quarré chacun, pour calciner le gyps en peu de temps: par conséquent il faudroit un assemblage de quarante-huit de ces petits miroirs pour opérer la calcination sur la pierre calcaire la plus tendre, & soixante-douze des mêmes miroirs d'un pied en quarré pour calciner les pierres calcaires dures. Or un miroir de douze pieds de largeur sur six pieds de hauteur, ne laisse pas d'être une grosse machine embarrassante & difficile à mouvoir, à monter & à maintenir. Cependant on viendroit à bout de ces difficultés, si le produit de la calcination étoit assez considérable pour équivaloir & même surpasser la dépense de la consommation du bois; il faudroit pour s'en assurer, commencer par calciner le plâtre avec un miroir de vingt-quatre pièces, & si cela réussissoit, faire deux autres miroirs pareils, au lieu d'en faire un grand de soixante-douze pièces; car en faisant coïncider les foyers de ces trois miroirs de vingt-quatre pièces, on produira une chaleur égale, &

qui ſeroit aſſez forte pour calciner le marbre ou la pierre dure.

Mais une choſe très-eſſentielle reſte douteuſe, c'eſt de ſavoir combien il faudroit de temps pour calciner, par exemple, un pied cube de matière, ſur-tout ſi ce pied cube n'étoit frappé de chaleur que par une face! je vois qu'il ſe paſſeroit du temps avant que la chaleur n'eût pénétré toute ſon épaiſſeur, je vois que pendant tout ce temps, il s'en perdroit une aſſez grande partie qui ſortiroit de ce bloc de matière après y être entrée; je crains donc beaucoup que la pierre n'étant pas ſaiſie par la chaleur de tous les côtés à la fois, la calcination ne fût très-lente, & le produit en chaux très-petit. L'expérience ſeule peut ici décider; mais il faudroit au moins la tenter ſur les matières gypſeuſes dont la calcination doit être une fois plus prompte que celle des pierres calcaires *(f)*.

(f) Il vient de paroître un petit Ouvrage rempli de grandes vues, de M. l'Abbé Scipion Bexon, qui a pour titre: *Syſtême de la fertiliſation.* Il propoſe mes miroirs comme un moyen facile pour réduire en chaux toutes les matières; mais il leur attribue

En concentrant cette chaleur du Soleil dans un four qui n'auroit d'autre ouverture que celle qui laisseroit entrer la lumière, on empêcheroit en grande partie la chaleur de s'évaporer, & en mêlant avec les pierres calcaires une petite quantité de brasque ou poudre de charbon qui de toutes les matières combustibles est la moins chère ; cette légère quantité d'alimens suffiroit pour nourrir & augmenter de beaucoup la quantité de chaleur, ce qui produiroit une plus ample & plus prompte calcination, & à très-peu de frais, comme on l'a vu par la seconde expérience du quatrième Mémoire.

3.° Ces miroirs d'Archimède peuvent servir en effet à mettre le feu dans des voiles de vaisseaux, & même dans le bois goudronné à plus de 150 pieds de distance ; on pourroit s'en servir aussi contre ses ennemis en brûlant les blés & les autres productions de la terre ; cet effet qui seroit assez prompt, seroit

---

plus de puissance qu'ils n'en ont réellement, & ce n'est qu'en les multipliant qu'on pourroit obtenir les grands effets qu'il s'en promet.

très-dommageable, mais ne nous occupons pas des moyens de faire du mal, & ne penſons qu'à ceux qui peuvent procurer quelque bien à l'humanité.

4.° Ces miroirs fourniſſent le ſeul & unique moyen qu'il y ait de meſurer exactement la chaleur, il eſt évident que deux miroirs dont les images lumineuſes ſe réuniſſent, produiſent une chaleur double dans tous les points de la ſurface qu'elles occupent; que trois, quatre, cinq, &c. miroirs donneront de même une chaleur triple, quadruple, quintuple, &c. & que par conſéquent on peut par ce moyen faire un thermomètre dont les diviſions ne ſeront point arbitraires, & les échelles différentes, comme le ſont celles de tous les thermomètres dont on s'eſt ſervi juſqu'à ce jour. La ſeule choſe arbitraire qui entreroit dans la conſtruction de ce thermomètre, ſeroit la ſuppoſition du nombre total des parties du mercure en partant du degré du froid abſolu; mais en le prenant à 10000 au-deſſous de la congélation de l'eau, au lieu de 1000, comme dans nos thermomètres ordinaires, on approcheroit beaucoup de

la réalité, sur-tout en choisissant les jours de l'hiver les plus froids pour graduer le thermomètre; chaque image du Soleil lui donneroit un degré de chaleur au-dessus de la température que nous supposerons à celui de la glace. Le point auquel s'éleveroit le mercure par la chaleur de la première image du Soleil, seroit marqué 1. Le point où il s'éleveroit par la chaleur de deux images égales & réunies, sera marqué 2. Celui où trois images le feront monter, sera marqué 3, & ainsi de suite jusqu'à la plus grande hauteur qu'on pourroit étendre jusqu'au degré 36. On auroit à ce degré une augmentation de chaleur trente-six fois plus grande que celle du premier degré; dix-huit fois plus grande que celle du second; douze fois plus grande que celle du troisième; neuf fois plus grande que celle du quatrième, &c. cette augmentation 36 de chaleur au-dessus de celle de la glace seroit assez grande pour fondre le plomb, & il y a toute apparence que le mercure qui se volatilise à une bien moindre chaleur, feroit par sa vapeur casser le thermomètre. On ne pourra donc étendre la division

que juſqu'à 12, & peut-être même à 9 degrés ſi l'on ſe ſert du mercure pour ces thermomètres; & l'on n'aura par ce moyen que les degrés d'une augmentation de chaleur juſqu'à 9. C'eſt une des raiſons qui avoit déterminé Newton à ſe ſervir d'huile de lin au lieu de mercure, & en effet on pourra, en ſe ſervant de cette liqueur, étendre la diviſion non-ſeulement à 12 degrés, mais juſqu'au point de cette huile bouillante. Je ne propoſe pas de remplir ces thermomètres avec de l'eſprit-de-vin coloré; il eſt univerſellement reconnu que cette liqueur ſe décompoſe au bout d'un aſſez petit temps *(g)*, & que d'ailleurs elle ne peut ſervir aux expériences d'une chaleur un peu forte.

Lorſqu'on aura marqué ſur l'échelle de ces thermomètres remplis d'huile ou de mercure, les premières diviſions 1, 2, 3, 4, &c. qui indiqueront le double,

(g) Pluſieurs Voyageurs m'ont écrit que les Thermomètres à l'eſprit-de-vin de Reaumur, leur étoient devenus tout-à-fait inutiles, parce que cette liqueur ſe décolore & ſe charge d'une eſpèce de boue en aſſez peu de temps.

le triple, le quadruple, &c. des augmentations de la chaleur, il faudra chercher les parties aliquotes de chaque division, par exemple, les points de $1\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$, &c. ou de $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, &c. & de $1\frac{3}{4}$, $2\frac{3}{4}$, $3\frac{3}{4}$, &c. ce que l'on obtiendra par un moyen facile, qui sera de couvrir la moitié, ou le quart, ou les trois quarts de la superficie d'un des petits miroirs, car alors l'image qu'il réfléchira, ne contiendra que le quart, la moitié ou les trois quarts de la chaleur que contient l'image entière; & par conséquent les divisions des parties aliquotes seront aussi exactes que celles des nombres entiers.

Si l'on réussit une fois à faire ce thermomètre réel, & que j'appelle ainsi, parce qu'il marqueroit réellement la proportion de la chaleur, tous les autres thermomètres, dont les échelles sont arbitraires & différentes entr'elles, deviendroient non-seulement superflus, mais même nuisibles, dans bien des cas, à la précision des vérités physiques qu'on cherche par leur moyen. On peut se rappeler l'exemple que j'en ai donné, en parlant de l'estimation de la chaleur qui émane du globe

de la Terre, comparée à la chaleur qui nous vient du Soleil.

5.° Au moyen de ces miroirs briſés, on pourra aiſément recueillir dans leur entière pureté, les parties volatiles de l'or & de l'argent, & des autres métaux & minéraux; car en expoſant au large foyer de ces miroirs une grande plaque de métal, comme une aſſiette ou un plat d'argent, on en verra ſortir une fumée très-abondante pendant un temps conſidérable, juſqu'au moment où le métal tombe en fuſion, & en ne donnant qu'une chaleur un peu moindre que celle qu'exige la fuſion, on fera évaporer le métal au point d'en diminuer le poids aſſez conſidérablement. Je me ſuis aſſuré de ce premier fait, qui peut fournir des lumières ſur la compoſition intime des métaux: j'aurois bien deſiré recueillir cette vapeur abondante que le feu pur du Soleil fait ſortir du métal; mais je n'avois pas les inſtrumens néceſſaires, & je ne puis que recommander aux Chimiſtes & aux Phyſiciens, de ſuivre cette expérience importante, dont les réſultats ſeroient d'autant moins équivoques que la vapeur métallique

eſt ici très-pure; au lieu que dans toute opération ſemblable qu'on voudroit faire avec le feu commun, la vapeur métallique ſeroit néceſſairement mêlée d'autres vapeurs provenant des matières combuſtibles qui ſervent d'aliment à ce feu.

D'ailleurs ce moyen eſt peut-être le ſeul que nous ayons pour volatiliſer les métaux fixes, tels que l'or & l'argent; car je préſume que cette vapeur que j'ai vu s'élever en ſi grande quantité de ces métaux échauffés au large foyer de mon miroir, n'eſt pas de l'eau ni quelqu'autre liqueur, mais des parties mêmes du métal que la chaleur en détache en les volatiliſant. On pourroit en recevant ainſi les vapeurs pures des différens métaux les mêler enſemble, & faire par ce moyen des alliages plus intimes & plus purs qu'on ne l'a fait par la fuſion & par la mixtion de ces mêmes métaux fondus, qui ne ſe marient jamais parfaitement à cauſe de l'inégalité de leur peſanteur ſpécifique, & de pluſieurs autres circonſtances qui s'oppoſent à l'intimité & à l'égalité parfaite du mélange. Comme les parties conſtituantes de ces vapeurs

métalliques ſont dans un état de diviſion bien plus grande que dans l'état de fuſion, elles ſe joindroient & ſe réuniroient de bien plus près & plus facilement. Enfin on arriveroit peut-être par ce moyen à la connoiſſance d'un fait général, & que pluſieurs bonnes raiſons me font ſoupçonner depuis long-temps, c'eſt qu'il y auroit pénétration dans tous les alliages faits de cette manière, & que leur peſanteur ſpécifique ſeroit toujours plus grande que la ſomme des peſanteurs ſpécifiques des matières dont ils ſeroient compoſés; car la pénétration n'eſt qu'un degré plus grand d'intimité, & l'intimité, toutes choſes égales d'ailleurs, ſera d'autant plus grande que les matières ſeront dans un état de diviſion plus parfaite.

En réfléchiſſant ſur l'appareil des vaiſſeaux qu'il faudroit employer pour recevoir & recueillir ces vapeurs métalliques, il m'eſt venu une idée qui me paroît trop utile pour ne la pas publier; elle eſt auſſi trop aiſée à réaliſer, pour que les bons Chimiſtes ne la ſaiſiſſent pas. Je l'ai même communiquée à quelques-uns d'entr'eux qui m'en ont paru très-ſatisfaits.

Cette idée est de geler le mercure dans ce climat-ci & avec un degré de froid beaucoup moindre que celui des expériences de Pétersbourg ou de Sibérie : il ne faut pour cela que recevoir la vapeur du mercure, qui est le mercure même volatilisé par une très-médiocre chaleur dans une cucurbite, ou dans un vase auquel on donnera un certain degré de froid artificiel ; ce mercure en vapeur, c'est-à-dire, extrêmement divisé, offrira à l'action de ce froid des surfaces si grandes & des masses si petites, qu'au lieu de 187 degrés de froid qu'il faut pour geler le mercure en masse, il n'en faudroit peut-être que 18 ou 20 degrés, peut-être même moins pour le geler en vapeurs. Je recommande cette expérience importante à tous ceux qui travaillent de bonne foi à l'avancement des Sciences.

Je pourrois ajouter à ces usages principaux du miroir d'Archimède, plusieurs autres usages particuliers ; mais j'ai cru devoir me borner à ceux qui m'ont paru les plus utiles & les moins difficiles à réduire en pratique. Néanmoins je crois devoir joindre ici quelques expériences

que j'ai faites ſur la tranſmiſſion de la lumière à travers les corps tranſparens, & donner en même temps quelques idées nouvelles ſur les moyens d'apercevoir de loin les objets à l'œil ſimple, ou par le moyen d'un miroir ſemblable à celui dont les Anciens ont parlé, par l'effet duquel on apercevoit du port d'Alexandrie les vaiſſeaux d'auſſi loin que la courbure de la Terre pouvoit le permettre.

Tous les Phyſiciens ſavent aujourd'hui qu'il y a trois cauſes qui empêchent la lumière de ſe réunir dans un point lorſque ſes rayons ont traverſé le verre objectif d'une lunette ordinaire. La première eſt la courbure ſphérique de ce verre qui répand une partie des rayons dans un eſpace terminé par une courbe. La ſeconde, eſt l'angle ſous lequel nous paroît à l'œil ſimple l'objet que nous obſervons; car la largeur du foyer de l'objectif a toujours à très-peu près pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc qui meſure cet angle. La troiſième, eſt la différente réfrangibilité de la lumière; car les rayons les plus réfrangibles ne ſe raſſemblent pas dans le même lieu où

se rassemblent les rayons les moins réfrangibles.

On peut remédier à l'effet de la première cause, en substituant, comme Descartes l'a proposé, des verres elliptiques ou hyperboliques aux verres sphériques. On remédie à l'effet de la seconde par le moyen d'un second verre placé au foyer de l'objectif, dont le diamètre est à peu-près égal à la largeur de ce foyer, & dont la surface est travaillée sur une sphère d'un rayon fort court. On a trouvé de nos jours le moyen de remédier à la troisième, en faisant des lunettes qu'on appelle *achromatiques*, & qui sont composées de deux sortes de verres qui dispersent différemment les rayons colorés, de manière que la dispersion de l'un est corrigée par la dispersion de l'autre, sans que la réfraction générale moyenne, qui constitue la lunette, soit anéantie. Une lunette de 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur faite sur ce principe, équivaut pour l'effet aux anciennes lunettes de 25 pieds de longueur.

Au reste, le remède à l'effet de la première cause, est demeuré tout-à-fait inutile jusqu'à ce jour, parce que l'effet

de la dernière étant beaucoup plus conſidérable, influe ſi fort ſur l'effet total qu'on ne pouvoit rien gagner à ſubſtituer des verres hyperboliques ou elliptiques à des verres ſphériques, & que cette ſubſtitution ne pouvoit devenir avantageuſe que dans le cas où l'on pourroit trouver le moyen de corriger l'effet de la différente réfrangibilité des rayons de la lumière; il ſemble donc qu'aujourd'hui l'on feroit bien de combiner les deux moyens, & de ſubſtituer dans les lunettes achromatiques des verres elliptiques aux ſphériques.

Pour rendre ceci plus ſenſible, ſuppoſons que l'objet qu'on obſerve ſoit un point lumineux ſans étendue, telle qu'eſt une étoile fixe par rapport à nous; il eſt certain qu'avec un objectif, par exemple, de 30 pieds de foyer, toutes les images de ce point lumineux, s'étendront en forme de courbe au foyer de ce verre s'il eſt travaillé ſur une ſphère, & qu'au contraire elles ſe réuniront en un point ſi ce verre eſt hyperbolique; mais ſi l'objet qu'on obſerve a une certaine étendue, comme la Lune qui occupe environ un demi-degré d'eſpace à nos yeux, alors

l'image de cet objet occupera un espace d'environ trois pouces de diamètre au foyer de l'objectif de 30 pieds, & l'aberration causée par la sphéricité produisant une confusion dans un point lumineux quelconque, elle la produit de même sur tous les points lumineux du disque de la Lune, & par conséquent la défigure en entier. Il y auroit donc dans tous les cas beaucoup d'avantage à se servir de verres elliptiques ou hyperboliques pour de longues lunettes, puisqu'on a trouvé le moyen de corriger en grande partie le mauvais effet produit par la différente réfrangibilité des rayons.

Il suit de ce que nous venons de dire, que si l'on veut faire une lunette de 30 pieds pour observer la Lune & la voir en entier, le verre oculaire doit avoir au moins 3 pouces de diamètre pour recueillir l'image entière que produit l'objectif à son foyer, & que si on vouloit observer cet astre avec une lunette de 60 pieds, l'oculaire doit avoir au moins six pouces de diamètre, parce que la corde de l'arc qui mesure l'angle sous lequel nous paroît la Lune, est dans ce cas de trois pouces

& de ſix pouces à peu-près; auſſi les Aſtronomes ne font jamais uſage de lunettes qui renferment le diſque entier de la Lune, parce qu'elles groſſiroient trop peu : mais ſi on veut obſerver Vénus avec une lunette de 60 pieds, comme l'angle ſous lequel elle nous paroît n'eſt que d'environ 60 ſecondes, le verre oculaire pourra n'avoir que 4 lignes de diamètre, & ſi on ſe ſert d'un objectif de 120 pieds, un oculaire de 8 lignes de diamètre ſuffiroit pour réunir l'image entière que l'objectif forme à ſon foyer.

De-là on voit que quand même les rayons de lumière ſeroient également réfrangibles, on ne pourroit pas faire d'auſſi fortes lunettes pour voir la Lune en entier que pour voir les autres planètes, & que plus une planète eſt petite à nos yeux, & plus nous pouvons augmenter la longueur de la lunette avec laquelle on peut la voir en entier. Dès-lors on conçoit bien que dans cette même ſuppoſition des rayons également réfrangibles, il doit y avoir une certaine longueur déterminée plus avantageuſe qu'aucune autre pour telle ou telle planète, & que

cette longueur de la lunette dépend non-seulement de l'angle sous lequel la planète paroît à notre œil, mais encore de la quantité de lumière dont elle est éclairée.

Dans les lunettes ordinaires, les rayons de la lumière étant différemment réfrangibles, tout ce qu'on pourroit faire dans cette vue pour les perfectionner ne seroit pas fort avantageux, parce que sous quelqu'angle que paroisse à notre œil l'objet ou l'astre que nous voulons observer, & quelque intensité de lumière qu'il puisse avoir, les rayons ne se rassembleront jamais dans le même endroit; plus la lunette sera longue, plus il y aura d'intervalle *(h)* entre le foyer des rayons rouges & celui des rayons violets, & par conséquent plus sera confuse l'image de l'objet observé.

On ne peut donc perfectionner les lunettes par réfraction qu'en cherchant, comme on l'a fait, les moyens de corriger cet effet de la différente réfrangibilité, soit en composant la lunette de verres de différente

(h) Cet intervalle est d'un pied sur 27 de foyer.

denſité, ſoit par d'autres moyens particuliers, & qui ſeroient différens ſelon les différens objets & les différentes circonſtances : ſuppoſons, par exemple, une courte lunette compoſée de deux verres, l'un convexe & l'autre concave des deux côtés, il eſt certain que cette lunette peut ſe réduire à une autre, dont les deux verres ſoient plans d'un côté, & travaillés de l'autre côté ſur des ſphères dont le rayon ſeroit une fois plus court que celui des ſphères ſur leſquelles auroient été travaillés les verres de la première lunette. Maintenant, pour éviter une grande partie de l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, on peut faire cette ſeconde lunette d'une ſeule pièce de verre maſſif, comme je l'ai fait exécuter avec deux morceaux de verre blanc, l'un de deux pouces & demi de longueur, & l'autre d'un pouce & demi; mais alors la perte de la tranſparence eſt un plus grand inconvénient que celui de la différente réfrangibilité qu'on corrige par ce moyen; car ces deux petites lunettes maſſives de verre, ſont plus obſcures qu'une petite lunette ordinaire du même verre & des mêmes dimenſions, elles

elles donnent à la vérité moins d'iris, mais elles n'en sont pas meilleures ; & si on les faisoit plus longues, toujours en verre massif, la lumière après avoir traversé cette épaisseur de verre, n'auroit plus assez de force pour peindre l'image de l'objet à notre œil. Ainsi pour faire des lunettes de 10 ou 20 pieds, je ne vois que l'eau qui ait assez de transparence pour laisser passer la lumière sans l'éteindre en entier dans cette grande épaisseur : en employant donc de l'eau pour remplir l'intervalle entre l'objectif & l'oculaire, on diminuera en partie l'effet de la différente réfrangibilité *(i)*, parce que celle de l'eau

(i) M. de la Lande, l'un de nos plus savans Astronomes, après avoir lû cet article, a bien voulu me communiquer quelques remarques qui m'ont paru très-justes & dont j'ai profité. Seulement je ne suis pas d'accord avec lui sur ces lunettes remplies d'eau ; il croit *qu'on diminueroit très-peu la différente réfrangibilité, parce que l'eau disperse les rayons colorés d'une manière différente du verre, & qu'il y auroit des couleurs qui proviendroient de l'eau & d'autres du verre.* Mais en se servant du verre le moins dense, & en augmentant par les sels la densité de l'eau, on rapprocheroit de très-près leur puissance réfractive.

approche plus de celle du verre que celle de l'air, & ſi on pouvoit, en chargeant l'eau de différens ſels, lui donner le même degré de puiſſance réfringente qu'au verre, il n'eſt pas douteux qu'on ne corrigeât davantage par ce moyen l'effet de la différente réfrangibilité des rayons. Il s'agiroit donc d'employer une liqueur tranſparente qui auroit à peu-près la même puiſſance réfrangible que le verre; car alors il ſera ſûr que les deux verres avec cette liqueur entre-deux, corrigeront en partie l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, de la même façon qu'elle eſt corrigée dans la petite lunette maſſive dont je viens de parler.

Suivant les expériences de M. Bouguer, une ligne d'épaiſſeur de verre détruit $\frac{2}{7}$ de la lumière, & par conſéquent la diminution s'en feroit dans la proportion ſuivante :

Épaiſſ.. 1, 2, 3, 4, 5, 6 lignes;
Dimin. $\frac{2}{7}$, $\frac{10}{49}$, $\frac{50}{343}$, $\frac{250}{2401}$, $\frac{1250}{16807}$, $\frac{6250}{117649}$, en ſorte que par la ſomme de ces ſix termes on trouveroit que la lumière qui paſſe à travers ſix lignes de verre, auroit déjà

perdu $\frac{102024}{117649}$, c'eſt-à-dire, environ le $\frac{10}{11}$ de ſa quantité. Mais il faut conſidérer que M. Bouguer s'eſt ſervi de verres bien peu tranſparens, puiſqu'il a vu qu'une ligne d'épaiſſeur de ces verres détruiſoit $\frac{2}{7}$ de la lumière. Par les expériences que j'ai faites ſur différentes eſpèces de verre blanc, il m'a paru que la lumière diminuoit beaucoup moins. Voici ces expériences qui ſont aſſez faciles à faire, & que tout le monde eſt en état de répéter.

Dans une chambre obſcure dont les murs étoient noircis, qui me ſervoit à faire des expériences d'Optique, j'ai fait allumer une bougie de cinq à la livre; la chambre étoit fort vaſte & la lumière de la bougie étoit la ſeule dont elle fût éclairée. J'ai d'abord cherché à quelle diſtance je pouvois lire un caractère d'impreſſion, tel que celui de la gazette de Hollande, à la lumière de cette bougie, & j'ai trouvé que je liſois aſſez facilement ce caractère à 24 pieds 4 pouces de diſtance de la bougie. Enſuite ayant placé devant la bougie, à deux pouces de diſtance, un morceau de verre provenant d'une glace de Saint-Gobin, réduite à

une ligne d'épaisseur, j'ai trouvé que je lisois encore tout aussi facilement à 22 pieds 9 pouces, & en substituant à cette glace d'une ligne d'épaisseur un autre morceau de 2 lignes d'épaisseur & du même verre, j'ai lû aussi facilement à 21 pieds de distance de la bougie. Deux de ces mêmes glaces de 2 lignes d'épaisseur jointes l'une contre l'autre & mises devant la bougie, en ont diminué la lumière au point que je n'ai pu lire avec la même facilité qu'à 17 pieds $\frac{1}{2}$ de distance de la bougie. Et enfin avec trois glaces de 2 lignes d'épaisseur chacune, je n'ai lû qu'à la distance de 15 pieds. Or la lumière de la bougie diminuant comme le quarré de la distance augmente, sa diminution auroit été dans la progression suivante, s'il n'y avoit point eu de glaces interposées.

$\overline{24\frac{1}{3}}^{2}$. $\overline{22\frac{3}{4}}^{2}$. $\overline{21}^{2}$. $\overline{17\frac{1}{2}}^{2}$. $\overline{15}^{2}$. ou

$592\frac{1}{9}$. $517\frac{9}{16}$. 441. $306\frac{1}{4}$. 225.

Donc les pertes de la lumière par l'interposition des glaces sont dans la progression suivante, $84\frac{79}{144}$. 151. $285\frac{7}{9}$. $367\frac{1}{4}$.

D'où l'on doit conclure qu'une ligne

d'épaisseur de ce verre, ne diminue la lumière que de $\frac{84}{592}$ ou d'environ $\frac{1}{7}$; que deux lignes d'épaisseur la diminuent de $\frac{151}{592}$, pas tout-à-fait de $\frac{1}{4}$; & trois glaces de 2 lignes de $\frac{367}{592}$, c'est-à-dire, moins de $\frac{2}{3}$.

Comme ce résultat est très-différent de celui de M. Bouguer, & que néanmoins je n'avois garde de douter de la vérité de ses expériences, je répétai les miennes en me servant de verre à vitre commun, je choisis des morceaux d'une épaisseur égale, de $\frac{3}{4}$ de ligne chacun. Ayant lû de même à 24 pieds 4 pouces de distance de la bougie, l'interposition d'un de ces morceaux de verre me fit rapprocher à 21 pieds $\frac{1}{2}$; avec deux morceaux interposés & appliqués l'un sur l'autre, je ne pouvois plus lire qu'à 18 pieds $\frac{1}{4}$, & avec trois morceaux à 16 pieds; ce qui, comme l'on voit, se rapproche de la détermination de M. Bouguer; car la perte de la lumière, en traversant ce verre de $\frac{3}{4}$ de ligne, étant ici de $592\frac{1}{4} - 462\frac{1}{4} = 130$, le résultat $\frac{130}{592\frac{1}{4}}$ ou $\frac{65}{296}$, ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{3}{14}$, à quoi l'on doit réduire les $\frac{2}{7}$ donnés par M.

Bouguer pour une ligne d'épaiſſeur, parce que mes verres n'avoient que $\frac{3}{4}$ de ligne, car 3 : 14 :: 65 : 303 $\frac{1}{3}$, terme qui ne diffère pas beaucoup de 296.

Mais avec du verre communément appelé *verre de Bohème*, j'ai trouvé par les mêmes eſſais, que la lumière ne perdoit qu'un huitième en traverſant une épaiſſeur d'une ligne, & qu'elle diminuoit dans la progreſſion ſuivante.

Épaiſſ.. 1, 2, 3, 4, 5, 6, ... *n*.

Dimin. $\frac{1}{8}$. $\frac{7}{64}$. $\frac{49}{512}$. $\frac{343}{4096}$. $\frac{2401}{32768}$. $\frac{16807}{262164}$.

—0 —1 —2 —3 —4 —5 —*n*—1

ou... $\frac{7}{8.^1}$ $\frac{7}{8.^2}$ $\frac{7}{8.^3}$ $\frac{7}{8.^4}$ $\frac{7}{8.^5}$ $\frac{7}{8.^6}$ $\frac{7}{8.^n}$,

Prenant la ſomme de ces termes, on aura le total de la diminution de la lumière à travers une épaiſſeur de verre d'un nombre donné de lignes; par exemple, la ſomme des ſix premiers termes eſt $\frac{144495}{262164}$. Donc la lumière ne diminue que d'un peu plus de moitié en traverſant une épaiſſeur de ſix lignes de verre de Bohème, & elle en perdroit encore moins, ſi au lieu de trois morceaux de deux lignes appliqués l'un ſur l'autre, elle n'avoit à

traverſer qu'un ſeul morceau de ſix lignes d'épaiſſeur.

Avec le verre que j'ai fait fondre en maſſe épaiſſe, j'ai vu que la lumière ne perdoit pas plus à travers 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur de ce verre, qu'à travers une glace de Saint-Gobin de deux lignes $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur; il me ſemble donc qu'on pourroit en conclure que la tranſparence de ce verre étant à celle de cette glace, comme 4 pouces $\frac{1}{2}$ ſont à 2 lignes $\frac{1}{2}$, ou 54 à 2 $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, plus de vingt-une fois plus grande, on pourroit faire de très-bonnes petites lunettes maſſives de 5 ou 6 pouces de longueur avec ce verre.

Mais pour des lunettes longues, on ne peut employer que de l'eau, & encore eſt-il à craindre que le même inconvénient ne ſubſiſte, car quelle ſera l'opacité qui réſultera de cette quantité de liqueur que je ſuppoſe remplir l'intervalle entre les deux verres! Plus les lunettes ſeront longues & plus on perdra de lumière; en ſorte qu'il paroît au premier coup d'œil qu'on ne peut pas ſe ſervir de ce moyen, ſur-tout pour les lunettes un peu longues,

car en ſuivant ce que dit M. Bouguer dans ſon Eſſai d'Optique, ſur la gradation de la lumière, 9 pieds 7 pouces d'eau de mer, font diminuer la lumière dans le rapport de 14 à 5 ; ou, ce qui revient à peu-près au même, ſuppoſons que dix pieds d'épaiſſeur d'eau diminuent la lumière dans le rapport de 3 à 1 ; alors vingt pieds d'épaiſſeur d'eau la diminueront dans le rapport de 9 à 1 ; trente pieds la diminueront dans celui de 27 à 1, &c. Il paroît donc qu'on ne pourroit ſe ſervir de ces longues lunettes pleines d'eau que pour obſerver le Soleil, & que les autres aſtres n'auroient pas aſſez de lumière pour qu'il fût poſſible de les apercevoir à travers une épaiſſeur de 20 à 30 pieds de liqueur intermédiaire.

Cependant ſi l'on fait attention qu'en ne donnant qu'un pouce ou un pouce & demi d'ouverture à un objectif de 30 pieds, on ne laiſſe pas d'apercevoir très-nettement les planètes dans les lunettes ordinaires de cette longueur, on doit penſer qu'en donnant un plus grand diamètre à l'objectif, on augmenteroit la quantité de lumière dans la raiſon du

quarré de ce diamètre, & par conséquent si un pouce d'ouverture suffit pour voir distinctement un astre dans une lunette ordinaire, $\sqrt{3}$ pouces d'ouverture, c'est-à-dire 21 lignes environ de diamètre suffiront pour qu'on le voie aussi distinctement à travers une épaisseur de dix pieds d'eau; & qu'avec un verre de 3 pouces de diamètre, on le verroit également à travers une épaisseur de 20 pieds d'eau; qu'avec un verre de $\sqrt{27}$ ou 5 pouces $\frac{1}{4}$ de diamètre, on le verroit à travers une épaisseur de 30 pieds, & qu'il ne faudroit qu'un verre de 9 pouces de diamètre pour une lunette remplie de 40 pieds d'eau, & un verre de 27 pouces pour une lunette de 60 pieds.

Il semble donc qu'on pourroit, avec espérance de réussir, faire construire une lunette sur ces principes, car en augmentant le diamètre de l'objectif, on regagne en partie la lumière que l'on perd par le défaut de transparence de la liqueur.

On ne doit pas craindre que les objectifs, quelque grands qu'ils soient, fassent une trop grande partie de la sphère sur laquelle ils seront travaillés, & que par cette raison

les rayons de la lumière ne puiſſent ſe réunir exactement; car en ſuppoſant même ces objectifs ſept ou huit fois plus grands que je ne les ai déterminés, ils ne feroient pas encore à beaucoup près une aſſez grande partie de leur ſphère pour ne pas réunir les rayons avec exactitude.

Mais ce qui ne me paroît pas douteux, c'eſt qu'une lunette conſtruite de cette façon, ſeroit très-utile pour obſerver le Soleil; car en la ſuppoſant même longue de cent pieds, la lumière de cet aſtre ne ſeroit encore que trop forte après avoir traverſé cette épaiſſeur d'eau, & on obſerveroit à loiſir & aiſément la ſurface de cet aſtre immédiatement, ſans qu'il fût néceſſaire de ſe ſervir de verres enfumés ou d'en recevoir l'image ſur un carton, avantage qu'aucune autre eſpèce de lunette ne peut avoir.

Il y auroit ſeulement quelque petite différence dans la conſtruction de cette lunette ſolaire, ſi l'on veut qu'elle nous préſente la face entière du Soleil, car en la ſuppoſant longue de cent pieds, il faudra dans ce cas que le verre oculaire ait au moins dix pouces de diamètre;

parce que le Soleil occupant plus d'un demi-degré céleſte, l'image formée par l'objectif à ſon foyer à 100 pieds, aura au moins cette longueur de dix pouces, & que pour la réunir toute entière, il faudra un oculaire de cette largeur auquel on ne donneroit que vingt pouces de foyer pour le rendre auſſi fort qu'il ſe pourroit. Il faudroit auſſi que l'objectif, ainſi que l'oculaire, eût dix pouces de diamètre, afin que l'image de l'aſtre & l'image de l'ouverture de la lunette ſe trouvaſſent d'égale grandeur au foyer.

Quand même cette lunette que je propoſe ne ſerviroit qu'à obſerver exactement le Soleil, ce ſeroit déjà beaucoup; il ſeroit, par exemple, fort curieux de pouvoir reconnoître s'il y a dans cet aſtre des parties plus ou moins lumineuſes que d'autres, s'il y a ſur ſa ſurface des inégalités, & de quelle eſpèce elles ſeroient, ſi les taches flottent ſur ſa ſurface *(k)*,

(k) M. de la Lande m'a fait ſur ceci la remarque qui ſuit: « Il eſt conſtant, dit-il, qu'il n'y a ſur le Soleil que des taches qui changent de forme « & diſparoiſſent entièrement, mais qui ne changent « point de place, ſi ce n'eſt par la rotation du «

ou ſi elles y ſont toutes conſtamment attachées, &c. La vivacité de ſa lumière nous empêche de l'obſerver à l'œil ſimple, & la différente réfrangibilité de ſes rayons rend ſon image confuſe lorſqu'on la reçoit au foyer d'un objectif ſur un carton, auſſi la ſurface du Soleil nous eſt-elle moins connue que celle des autres planètes. Cette différente réfrangibilité des rayons ne ſeroit pas à beaucoup près entièrement corrigée dans cette longue lunette remplie d'eau : mais ſi cette liqueur pouvoit, par l'addition des ſels, être rendue auſſi denſe que le verre, ce ſeroit alors la même choſe que s'il n'y avoit qu'un ſeul verre à traverſer, & il me ſemble qu'il y auroit plus d'avantage à ſe ſervir de ces lunettes remplies d'eau, que de lunettes ordinaires avec des verres enfumés.

Soleil; ſa ſurface eſt très-unie & homogène. » Ce ſavant Aſtronome pouvoit même ajouter que ce n'eſt que par le moyen de ces taches, toujours ſuppoſées fixes, qu'on a déterminé le temps de la révolution du Soleil ſur ſon axe : mais ce point d'Aſtronomie phyſique ne me paroît pas encore abſolument démontré ; car ces taches qui toutes changent de figure, pourroient bien auſſi quelquefois changer de lieu.

Quoi qu'il en soit, il est certain qu'il faut pour observer le Soleil une lunette bien différente de celles dont on doit se servir pour les autres astres, & il est encore très-certain qu'il faut pour chaque planète une lunette particulière, & proportionnée à leur intensité de lumière, c'est-à-dire, à la quantité réelle de lumière dont elles nous paroissent éclairées. Dans toutes les lunettes il faudroit donc l'objectif aussi grand, & l'oculaire aussi fort qu'il est possible, & en même temps proportionner la distance du foyer à l'intensité de la lumière de chaque planète. Par exemple, Vénus & Saturne sont deux planètes dont la lumière est fort différente; lorsqu'on les observe avec la même lunette on augmente également l'angle sous lequel on les voit, dès-lors la lumière totale de la planète paroît s'étendre sur toute sa surface d'autant plus qu'on la grossit davantage, ainsi à mesure qu'on agrandit son image on la rend sombre, à peu-près dans la proportion du quarré de son diamètre; Saturne ne peut donc sans devenir obscur être observé avec une lunette aussi forte que Vénus. Si l'intensité de lumière de

celle-ci permet de la groſſir cent ou deux cents fois avant de devenir ſombre, l'autre ne ſouffrira peut-être pas la moitié ou le tiers de cette augmentation ſans devenir tout-à-fait obſcure. Il s'agit donc de faire une lunette pour chaque planète proportionnée à leur intenſité de lumière, & pour le faire avec plus d'avantage il me ſemble qu'il n'y faut employer qu'un objectif d'autant plus grand, & d'un foyer d'autant moins long que la planète a moins de lumière. Pourquoi juſqu'à ce jour n'a-t-on pas fait des objectifs de deux & trois pieds de diamètre ! l'aberration des rayons cauſée par la ſphéricité des verres en eſt la ſeule cauſe, elle produit une confuſion qui eſt comme le quarré du diamètre de l'ouverture *(1)*, & c'eſt par cette raiſon que les verres ſphériques qui ſont très-bons avec une petite ouverture ne valent plus rien quand on l'augmente ; on a plus de lumière, mais moins de diſtinction & de netteté. Néanmoins les verres ſphériques larges ſont très-bons pour faire des lunettes de nuit ; les Anglois ont conſtruit des

(1) Smith's Optick. *Boock. 2, cap. VII, art. 346.*

lunettes de cette espèce, & ils s'en servent avec grand avantage pour voir de fort loin les vaisseaux dans une nuit obscure. Mais maintenant que l'on sait corriger en grande partie les effets de la différente réfrangibilité des rayons, il me semble qu'il faudroit s'attacher à faire des verres elliptiques ou hyperboliques qui ne produiroient pas cette aberration causée par la sphéricité, & qui par conséquent pourroient être trois ou quatre fois plus larges que les verres sphériques. Il n'y a que ce moyen d'augmenter à nos yeux la quantité de lumière que nous envoient les planètes, car nous ne pouvons pas porter sur les planètes une lumière additionnelle comme nous le faisons sur les objets que nous observons au microscope, mais il faut au moins employer le plus avantageusement qu'il est possible, la quantité de lumière dont elles sont éclairées, en la recevant sur une surface aussi grande qu'il se pourra. Cette lunette hyperbolique qui ne seroit composée que d'un seul grand verre objectif, & d'un oculaire proportionné, exigeroit une matière de la plus grande transparence. On réuniroit par ce

moyen tous les avantages possibles, c'est-à-dire, ceux des lunettes achromatiques à celui des lunettes elliptiques ou hyperboliques, & l'on mettroit à profit toute la quantité de lumière que chaque planète réfléchit à nos yeux. Je puis me tromper, mais ce que je propose me paroît assez fondé pour en recommander l'exécution aux personnes zélées pour l'avancement des Sciences.

Me laissant aller à ces espèces de rêveries, dont quelques-unes néanmoins se réaliseront un jour, & que je ne publie que dans cette espérance, j'ai songé au miroir du port d'Alexandrie, dont quelques Auteurs anciens ont parlé, & par le moyen duquel on voyoit de très-loin les vaisseaux en pleine mer. Le passage le plus positif qui me soit tombé sous les yeux est celui que je vais rapporter: *Alexandria . . . . . in Pharo verò erat speculum e ferro sinico. Per quod a longè videbantur naves Græcorum advenientes; sed paulò postquam Islamismus invaluit, scilicet tempore califatûs Walid-fil: Abdi-l-melec, Christiani, fraude adhibitâ illud deleverunt.* Abu-l-feda, &c. Descriptio Ægypti.

J'ai pensé 1.° que ce miroir par lequel on voyoit de loin les vaisseaux arriver, n'étoit pas impossible; 2.° que même sans miroir ni lunette, on pourroit par de certaines dispositions obtenir le même effet, & voir depuis le port les vaisseaux peut-être d'aussi loin que la courbure de la Terre le permet. Nous avons dit que les personnes qui ont bonne vue, aperçoivent les objets éclairés par le Soleil à plus de trois mille quatre cents fois leur diamètre, & en même temps nous avons remarqué que la lumière intermédiaire nuisoit si fort à celle des objets éloignés, qu'on apercevoit la nuit un objet lumineux de dix, vingt & peut-être cent fois plus de distance qu'on ne le voit pendant le jour. Nous savons que du fond d'un puits très-profond l'on voit les étoiles en plein jour *(m)*, pourquoi donc ne verroit-on pas de même les vaisseaux éclairés des rayons du Soleil, en se mettant au fond

(m) Aristote est je crois le premier qui ait fait mention de cette observation, & j'en ai cité le passage à l'article *du Sens de la Vue, tome IV de cette Histoire Naturelle.*

d'une longue galerie fort obſcure, & ſituée ſur le bord de la mer, de manière qu'elle ne recevroit aucune lumière que celle de la mer lointaine & des vaiſſeaux qui pourroient s'y trouver; cette galerie n'eſt qu'un puits horizontal qui feroit le même effet pour la vue des vaiſſeaux, que le puits vertical pour la vue des étoiles, & cela me paroît ſi ſimple, que je ſuis étonné qu'on n'y ait pas ſongé. Il me ſemble qu'en prenant, pour faire l'obſervation, les heures du jour où le Soleil ſeroit derrière la galerie, c'eſt-à-dire le temps où les vaiſſeaux ſeroient bien éclairés, on les verroit du fond de cette galerie obſcure, dix fois au moins mieux qu'on ne peut les voir en pleine lumière. Or, comme nous l'avons dit, on diſtingue aiſément un homme ou un cheval à une lieue de diſtance lorſqu'ils ſont éclairés des rayons du Soleil; & en ſupprimant la lumière intermédiaire qui nous environne & offuſque nos yeux, nous les verrions au moins dix fois plus loin, c'eſt-à-dire, à dix lieues: donc on verroit les vaiſſeaux qui ſont beaucoup plus gros, d'auſſi loin que la courbure

de la Terre le permettroit *(n)*, sans autre instrument que nos yeux.

Mais un miroir concave d'un assez grand diamètre, & d'un foyer quelconque, placé au fond d'un long tuyau noirci, feroit, pendant le jour, à peu-près le même effet que nos grands objectifs de même diamètre & de même foyer feroient pendant la nuit, & c'étoit probablement un de ces miroirs concaves d'acier poli *(e ferro finico)* qu'on avoit établi au port d'Alexandrie *(o)*, pour voir

---

(n) La courbure de la Terre pour un degré ou 25 lieues de 2283 toises, est de 2988 pieds; elle croît comme le quarré des distances, ainsi pour 5 lieues elle est vingt-cinq fois moindre, c'est-à-dire, d'environ 120 pieds. Un vaisseau qui a plus de 120 pieds de mâture, peut donc être vu de cinq lieues étant même au niveau de la mer; mais si l'on s'élevoit de 120 pieds au-dessus du niveau de la mer, on verroit de cinq lieues le corps entier du vaisseau jusqu'à la ligne de l'eau, & en s'élevant encore davantage, on pourroit apercevoir le haut des mâts de plus de dix lieues.

(o) De temps immémorial les Chinois & surtout les Japonois, savent travailler & polir l'acier en grand & en petit volume, & c'est ce qui m'a fait penser qu'on doit interpréter *e ferro finico* par acier poli.

de loin arriver les vaiſſeaux Grecs. Au reſte, ſi ce miroir d'acier ou de fer poli a réellement exiſté, comme il y a toute apparence, on ne peut refuſer aux Anciens la gloire de la première invention des téleſcopes, car ce miroir de métal poli ne pouvoit avoir d'effet qu'autant que la lumière réfléchie par ſa ſurface, étoit recueillie par un autre miroir concave placé à ſon foyer, & c'eſt en cela que conſiſte l'eſſence du téleſcope & la facilité de ſa conſtruction. Néanmoins cela n'ôte rien à la gloire du grand Newton, qui, le premier, a reſſuſcité cette invention entièrement oubliée. Il paroît même que ce ſont ſes belles découvertes ſur la différente réfrangibilité des rayons de la lumière qui l'ont conduit à celle du téleſcope. Comme les rayons de la lumière ſont par leur nature différemment réfrangibles, il étoit fondé à croire qu'il n'y avoit nul moyen de corriger cet effet; ou s'il a entrevu ces moyens, il les a jugés ſi difficiles, qu'il a mieux aimé tourner ſes vues d'un autre côté, & produire par le moyen de la réflexion des rayons, les grands effets qu'il ne pouvoit obtenir par

leur réfraction. Il a donc fait construire son téleſcope, dont l'effet eſt réellement bien ſupérieur à celui des lunettes ordinaires, mais les lunettes achromatiques inventées de nos jours, ſont auſſi ſupérieures au téleſcope qu'il l'eſt aux lunettes ordinaires. Le meilleur téleſcope eſt toujours ſombre en comparaiſon de la lunette achromatique, & cette obſcurité dans les téleſcopes ne vient pas ſeulement du défaut de poli ou de la couleur du métal des miroirs, mais de la nature même de la lumière, dont les rayons différemment réfrangibles, ſont auſſi différemment réflexibles, quoiqu'en degrés beaucoup moins inégaux. Il reſte donc pour perfectionner les téleſcopes, autant qu'ils peuvent l'être, à trouver le moyen de compenſer cette différente réflexibilité, comme l'on a trouvé celui de compenſer la différente réfrangibilité.

Après tout ce qui vient d'être dit, je crois qu'on ſentira bien que l'on peut faire une très-bonne lunette de jour, ſans employer ni verres ni miroirs, & ſimplement en ſupprimant la lumière environnante, au moyen d'un tuyau de 150 ou

200 pieds de long, & en se plaçant dans un lieu obscur où aboutiroit l'une des extrémités de ce tuyau; plus la lumière du jour seroit vive, plus seroit grand l'effet de cette lunette si simple & si facile à exécuter. Je suis persuadé qu'on verroit distinctement à quinze & peut-être vingt lieues les bâtimens & les arbres sur le haut des montagnes. La seule différence qu'il y ait entre ce long tuyau & la galerie obscure que j'ai proposée, c'est que le *champ*, c'est-à-dire, l'espace vu seroit bien plus petit, & précisément dans la raison du quarré de l'ouverture du tuyau à celle de la galerie.

ARTICLE TROISIÈME.

INVENTION d'autres Miroirs pour brûler à de moindres distances.

I.

MIROIRS d'une seule pièce à foyer mobile.

J'AI remarqué que le verre fait ressort, & qu'il peut plier jusqu'à un certain point;

& comme pour brûler à des distances un peu grandes, il ne faut qu'une légère courbure, & que toute courbure régulière y est à peu-près également convenable; j'ai imaginé de prendre des glaces de miroir ordinaire d'un pied & demi, de deux pieds & trois pieds de diamètre, de les faire arrondir, & de les soutenir sur un cercle de fer bien égal & bien tourné, après avoir fait dans le centre de la glace un trou de deux ou trois lignes de diamètre pour y passer une vis *(p)*, dont les pas sont très-fins, & qui entre dans un petit écrou posé de l'autre côté de la glace. En serrant cette vis, j'ai courbé assez les glaces de trois pieds, pour brûler depuis 50 pieds jusuu'à 30, & les glaces de 18 pouces ont brûlé à 25 pieds; mais ayant répété plusieurs fois ces expériences, j'ai cassé les glaces de trois pieds & de deux pieds, & il ne m'en reste qu'une de 18 pouces que j'ai gardée pour modèle de ce miroir *(q)*.

(p) Voyez les *planches* X, XI & XII.

(q) Ces glaces de 3 pieds ont mis le feu à des matières légères jusqu'à 50 pieds de distance, &

Ce qui fait casser ces glaces si aisément, c'est le trou qui est au milieu; elles se courberoient beaucoup plus sans rompre, s'il n'y avoit point de solution de continuité, & qu'on pût les presser également sur toute la surface: cela m'a conduit à imaginer de les faire courber par le poids même de l'atmosphère; & pour cela il ne faut que mettre une glace circulaire sur une espèce de tambour de fer ou de cuivre, & ajouter à ce tambour une pompe pour en tirer de l'air; on fera de cette manière courber la glace plus ou moins, & par conséquent elle brûlera à de plus & moins grandes distances.

Il y auroit encore un autre moyen; ce seroit d'ôter l'étamage dans le centre de la glace, de la largeur de 9 ou 10 lignes, façonner avec une molette cette partie du centre en portion de sphère, comme un verre convexe, d'un pouce de foyer, mettre dans le tambour une petite mèche

---

alors elles n'avoient plié que d'une ligne $\frac{5}{8}$; pour brûler à 40 pieds, il falloit les faire plier de 2 lignes; pour brûler à 30 pieds, de deux lignes $\frac{1}{4}$, & c'est en voulant les faire brûler à 20 pieds qu'elles se sont cassées.

soufrée;

soufrée ; il arriveroit que quand on présenteroit ce miroir au Soleil, les rayons transmis à travers cette partie du centre de la glace & réunis au foyer d'un pouce, allumeroient la mèche soufrée dans le tambour ; cette mèche en brûlant absorberoit de l'air, & par conséquent le poids de l'atmosphère feroit plier la glace plus ou moins, selon que la mèche soufrée brûleroit plus ou moins de temps. Ce miroir seroit fort singulier, parce qu'il se courberoit de lui-même à l'aspect du Soleil sans qu'il fût nécessaire d'y toucher ; mais l'usage n'en seroit pas facile, & c'est pour cette raison que je ne l'ai pas fait exécuter, la seconde manière étant préférable à tous égards.

Ces miroirs d'une seule pièce à foyer mobile, peuvent servir à mesurer plus exactement, que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du Soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands. Nous avons vû que les grands foyers font toujours proportionnellement beaucoup plus d'effet que les petits, quoique l'intensité de chaleur soit égale dans les uns & les autres ; on auroit ici,

en contractant ſucceſſivement les foyers, toujours une égale quantité de lumière ou de chaleur, mais dans des eſpaces ſucceſſivement plus petits; & au moyen de cette quantité conſtante, on pourroit déterminer par l'expérience le *minimum* de l'eſpace du foyer, c'eſt-à-dire, l'étendue néceſſaire, pour qu'avec la même quantité de lumière on eût le plus grand effet, cela nous conduiroit en même temps à une eſtimation plus préciſe de la déperdition de la chaleur dans les différentes ſubſtances, ſous un même volume ou dans une égale étendue.

A cet uſage près, il m'a paru que ces miroirs d'une ſeule pièce à foyer mobile étoient plus curieux qu'utiles; celui qui agit ſeul & ſe courbe à l'aſpect du Soleil, eſt aſſez ingénieuſement conçu pour avoir place dans un cabinet de Phyſique.

II.

MIROIRS d'une ſeule pièce pour brûler très-vivement à des diſtances médiocres & à de petites diſtances.

J'AI cherché les moyens de courber régulièrement de grandes glaces, & après

avoir fait construire deux fourneaux différens qui n'ont pas réussi, je suis parvenu à en faire un troisième *(r)*, dans lequel j'ai courbé très-régulièrement des glaces circulaires de trois, quatre & quatre pieds & demi de diamètre, j'en ai même fait courber deux de 56 pouces, mais quelque précaution qu'on ait prise pour laisser refroidir lentement ces grandes glaces de 56 & 54 pouces de diamètre, & pour les manier doucement, elles se sont cassées en les appliquant sur les moules sphériques que j'avois fait construire pour leur donner la forme régulière & le poli nécessaire; la même chose est arrivée à trois autres glaces de 48 & 50 pouces de diamètre, & je n'en ai conservé qu'une seule de 46 pouces & deux de 37 pouces. Les gens qui connoissent les Arts n'en seront pas surpris, ils savent que les grandes pièces de verre, exigent des précautions infinies pour ne pas se fêler au sortir du fourneau où on les laisse recuire & refroidir, ils savent que plus elles sont minces, & plus elles sont sujettes à se

(r) Voyez les *planches I, II, III, IV, V & VI.*

fendre, non-ſeulement par le premier coup de l'air, mais encore par ſes impreſſions ultérieures. J'ai vu pluſieurs de mes glaces courbées ſe fendre toutes ſeules au bout de trois, quatre & cinq mois, quoiqu'elles euſſent réſiſté aux premières impreſſions de l'air, & qu'on les eût placées ſur des moules de plâtre bien ſéché, ſur leſquels la ſurface concave de ces glaces portoit également par-tout; mais ce qui m'en a fait perdre un grand nombre, c'eſt le travail qu'il falloit faire pour leur donner une forme régulière. Ces glaces que j'ai achetées toutes polies à la manufacture du faubourg Saint-Antoine, quoique choiſies parmi les plus épaiſſes, n'avoient que cinq lignes d'épaiſſeur; en les courbant, le feu leur faiſoit perdre en partie leur poli. Leur épaiſſeur d'ailleurs n'étoit pas bien égale par-tout, & néanmoins il étoit néceſſaire pour l'objet auquel je les deſtinois, de rendre les deux ſurfaces concave & convexe parfaitement concentriques, & par conſéquent de les travailler avec des molettes convexes dans des moules creux, & des molettes concaves ſur des moules convexes. De vingt-quatre

glaces que j'avois courbées, & dont j'en avois livré quinze à feu M. Passemant, pour les faire travailler par ses ouvriers, je n'en ai conservé que trois; toutes les autres, dont les moindres avoient au moins trois pieds de diamètre, se sont cassées, soit avant d'être travaillées, soit après. De ces trois glaces que jai sauvées, l'une a 46 pouces de diamètre, & les deux autres 37 pouces, elles étoient bien travaillées, leurs surfaces bien concentriques, & par conséquent l'épaisseur bien égale, il ne s'agissoit plus que de les étamer sur leur surface convexe, & je fis pour cela plusieurs essais & un assez grand nombre d'expériences qui ne me réussirent point. M. de Bernières, beaucoup plus habile que moi dans cet art de l'étamage, vint à mon secours, & me rendit en effet deux de mes glaces étamées; j'eus l'honneur d'en présenter au Roi la plus grande, c'est-à-dire, celle de 46 pouces, & de faire devant Sa Majesté les expériences de la force de ce miroir ardent qui fond aisément tous les métaux; on l'a déposé au château de la Muette, dans un cabinet qui est sous la direction du Père Noël;

c'eſt certainement le plus fort miroir ardent qu'il y ait en Europe *(ſſ)*. J'ai dépoſé au Jardin du Roi, dans le Cabinet d'Hiſtoire Naturelle, la glace de 37 pouces de diamètre, dont le foyer eſt beaucoup plus court que celui du miroir de 46 pouces. Je n'ai pas encore eu le temps d'eſſayer la force de ce ſecond miroir que je crois auſſi très-bon. Je fis dans le temps quelques expériences au château de la Muette, ſur la lumière de la Lune, reçue par le miroir de 46 pouces, & réfléchie ſur un thermomètre très-ſenſible, je crus d'abord m'apercevoir de quelque mouvement, mais cet effet ne ſe ſoutint pas, & depuis je n'ai pas eu occaſion de répéter l'expérience. Je ne ſai même ſi l'on obtiendroit un degré de chaleur ſenſible en réuniſſant les foyers de pluſieurs miroirs, & les faiſant tomber enſemble ſur un thermomètre aplati & noirci; car il ſe peut que la Lune nous envoie du froid plutôt

(ſſ) On m'a dit que l'étamage de ce miroir, qui a été fait il y a plus de vingt ans, s'étoit gâté, il faudroit le remettre entre les mains de M. de Bernières, qui ſeul a le ſecret de cet étamage, pour le bien réparer.

que du chaud, comme nous l'expliquerons ailleurs. Du reste ces miroirs sont supérieurs à tous les miroirs de réflexion dont on avoit connoissance: ils servent aussi à voir en grand les petits tableaux, & à en distinguer toutes les beautés & tous les défauts; & si on en fait étamer de pareils dans leur concavité, ce qui seroit bien plus aisé que sur la convexité, ils serviroient à voir les plafonds & autres peintures qui sont trop grandes & trop perpendiculaires sur la tête, pour pouvoir être regardées aisément.

Mais ces miroirs ont l'inconvénient commun à tous les miroirs de ce genre, qui est de brûler en haut, ce qui fait qu'on ne peut travailler de suite à leur foyer, & qu'ils deviennent presque inutiles pour toutes les expériences qui demandent une longue action du feu & des opérations suivies. Néanmoins en recevant d'abord les rayons du Soleil sur une glace plane de quatre pieds & demi de hauteur & d'autant de largeur qui les réfléchit contre ces miroirs concaves, ils sont assez puissans pour que cette perte qui est de la moitié de la chaleur, ne les empêche pas de

brûler très-vivement à leur foyer, qui par ce moyen se trouve en bas comme celui des miroirs de réfraction, & auquel par conséquent on pourroit travailler de suite & avec une égale facilité. Seulement il seroit nécessaire que la glace plane & le miroir concave, fussent tous deux montés parallèlement sur un même support, où ils pourroient recevoir également les mêmes mouvemens de direction & d'inclinaison, soit horizontalement, soit verticalement. L'effet que le miroir de 46 pouces de diamètre feroit en bas, n'étant que de moitié de celui qu'il produit en haut, c'est comme si la surface de ce miroir étoit réduite de moitié, c'est-à-dire, comme s'il n'avoit qu'un peu plus de 32 pouces de diamètre au lieu de 46, & cette dimension de 32 pouces de diamètre pour un foyer de 6 pieds, ne laisse pas de donner une chaleur plus grande que celle des lentilles de Tschirnaüs ou du sieur Segard, dont je me suis autrefois servi, & qui sont les meilleures que l'on connoisse.

Enfin par la réunion de ces deux miroirs, on auroit aux rayons du Soleil une chaleur

immenſe à leur foyer commun, ſur-tout en le recevant en haut, qui ne ſeroit diminuée que de moitié en le recevant en bas, & qui par conſéquent ſeroit beaucoup plus grande qu'aucune autre chaleur connue, & pourroit produire des effets dont nous n'avons aucune idée.

III.

Lentilles ou Miroirs à l'eau.

Au moyen des glaces courbées & travaillées régulièrement dans leur concavité & ſur leur convexité, on peut faire un miroir réfringent, en joignant par oppoſition deux de ces glaces, & en rempliſſant d'eau tout l'eſpace qu'elles comiennent.

Dans cette vue, j'ai fait courber deux glaces de 37 pouces de diamètre, & les ai fait uſer de 8 ou 9 lignes ſur les bords pour les bien joindre. Par ce moyen l'on n'aura pas beſoin de maſtic pour empêcher l'eau de fuir.

Au zénith du miroir il faut pratiquer un petit goulot *(t)*, par lequel on en

(t) Voyez la *planche XII.*

remplira la capacité avec un entonnoir; & comme les vapeurs de l'eau échauffée par le Soleil, pourroient faire caſſer les glaces, on laiſſera ce goulot ouvert pour laiſſer échapper les vapeurs; & afin de tenir le miroir toujours abſolument plein d'eau, on ajuſtera dans ce goulot une petite bouteille pleine d'eau, & cette bouteille finira elle-même en haut par un goulot étroit, afin que dans les différentes inclinaiſons du miroir, l'eau qu'elle contiendra ne puiſſe pas ſe répandre en trop grande quantité.

Cette lentille compoſée de deux glaces de 37 pouces, chacune de deux pieds & demi de foyer, brûleroit à cinq pieds, ſi elle étoit de verre; mais l'eau ayant une moindre réfraction que le verre, le foyer ſera plus éloigné; il ne laiſſera pas néanmoins de brûler vivement: j'ai ſupputé qu'à la diſtance de 5 pieds $\frac{1}{2}$, cette lentille à l'eau produiroit au moins deux fois autant de chaleur que la lentille du Palais-royal, qui eſt de verre ſolide, & dont le foyer eſt à douze pieds.

J'avois conſervé une aſſez forte épaiſſeur aux glaces, afin que le poids de l'eau

qu'elles devoient renfermer ne pût en altérer la courbure : on pourroit essayer de rendre l'eau plus réfringente, en y faisant fondre des sels ; comme l'eau peut successivement fondre plusieurs sels, & s'en charger en plus grande quantité qu'elle ne se chargeroit d'un seul sel, il faudroit en fondre de plusieurs espèces, & on rendroit par ce moyen la réfraction de l'eau plus approchante de celle du verre.

Tel étoit mon projet ; mais après avoir travaillé & ajusté ces glaces de 37 pouces, celle du dessous s'est cassée dès la première expérience, & comme il ne m'en restoit qu'une, j'en ai fait le miroir concave de 37 pouces dont j'ai parlé dans l'article précédent.

Ces loupes composées de deux glaces sphériquement courbées & remplies d'eau, brûleront en bas, & produiront de plus grands effets que les loupes de verre massif, parce que l'eau laisse passer plus aisément la lumière que le verre le plus transparent ; mais l'exécution ne laisse pas d'en être difficile, & demande des attentions infinies. L'expérience m'a fait

connoître qu'il falloit des glaces épaiſſes de neuf ou huit lignes au moins, c'eſt-à-dire, des glaces faites exprès, car on n'en coule point aux manufactures d'auſſi épaiſſes à beaucoup près, toutes celles qui ſont dans le commerce n'ont qu'environ moitié de cette épaiſſeur; il faut enſuite courber ces glaces dans un fourneau pareil à celui dont j'ai donné la figure, *pl. 1 & ſuivantes;* avoir attention de bien ſécher le fourneau, de ne pas preſſer le feu & d'employer au moins trente heures à l'opération. La glace ſe ramollira & pliera par ſon poids ſans ſe diſſoudre, & s'affaiſſera ſur le moule concave qui lui donnera ſa forme: on la laiſſera recuire & refroidir par degrés dans ce fourneau qu'on aura ſoin de boucher au moment qu'on aura vu la glace bien affaiſſée par-tout également. Deux jours après, lorſque le fourneau aura perdu toute ſa chaleur, on en tirera la glace qui ne ſera que légèrement dépolie, on examinera avec un grand compas courbe, ſi ſon épaiſſeur eſt à peu-près égale par-tout, & ſi cela n'étoit pas, & qu'il y eût dans de certaines parties de la glace

une inégalité sensible, on commencera par l'atténuer avec une molette de même sphère que la courbure de la glace. On continuera de travailler de même les deux surfaces concave & convexe, qu'il faut rendre parfaitement concentriques, en sorte que la glace ait par-tout exactement la même épaisseur. Et pour parvenir à cette précision, qui est absolument nécessaire, il faudra faire courber de plus petites glaces de deux ou trois pieds de diamètre, en observant de faire ces petits moules sur un rayon de quatre ou cinq lignes plus long que ceux du foyer de la grande glace; par ce moyen on aura des glaces courbes dont on se servira au lieu de molettes pour travailler les deux surfaces concave & convexe, ce qui avancera beaucoup le travail; car ces petites glaces en frottant contre la grande l'useront, & s'useront également; & comme leur courbure est plus forte de 4 lignes, c'est-à-dire, de moitié de l'épaisseur de la grande glace, le travail de ces petites glaces, tant au dedans qu'au dehors, rendra concentriques les deux surfaces de la grande glace aussi précisément qu'il est

poſſible. C'eſt-là le point le plus difficile, & j'ai ſouvent vu que pour l'obtenir on étoit obligé d'uſer la glace de plus d'une ligne & demie ſur chaque ſurface, ce qui la rendoit trop mince, & dès-lors inutile, du moins pour notre objet. Ma glace de 37 pouces que le poids de l'eau joint à la chaleur du Soleil a fait caſſer, avoit néanmoins, toute travaillée, plus de 3 lignes & demie d'épaiſſeur, & c'eſt pour cela que je recommande de les tenir encore plus épaiſſes.

J'ai obſervé que ces glaces courbées ſont plus caſſantes que les glaces ordinaires; la ſeconde fuſion ou demi-fuſion que le verre éprouve pour ſe courber, eſt peut-être la cauſe de cet effet, d'autant que pour prendre la forme ſphérique, il eſt néceſſaire qu'il s'étende inégalement dans chacune de ſes parties, & que leur adhérence entr'elles change dans des proportions inégales, & même différentes pour chaque point de la courbe, relativement au plan horizontal de la glace qui s'abaiſſe ſucceſſivement pour prendre la courbure ſphérique.

En général le verre a du reſſort & peut

plier ſans ſe caſſer, d'environ un pouce par pied, ſur-tout quand il eſt mince; je l'ai même éprouvé ſur des glaces de deux & trois lignes d'épaiſſeur & de cinq pieds de hauteur; on peut les faire plier de plus de 4 pouces ſans les rompre, ſur-tout en ne les comprimant qu'en un ſens; mais ſi on les courbe en deux ſens à la fois, comme pour produire une ſurface ſphérique, elles caſſent à moins d'un demi-pouce par pied ſous cette double flexion; la glace inférieure de ces lentilles à l'eau, obéiſſant donc à la preſſion cauſée par le poids de l'eau, elle caſſera ou prendra une plus forte courbure, à moins qu'elle ne ſoit fort épaiſſe, ou qu'elle ne ſoit ſoutenue par une croix de fer, ce qui fait ombre au foyer & rend déſagréable l'aſpect de ce miroir. D'ailleurs le foyer de ces lentilles à l'eau n'eſt jamais franc, ni bien terminé, ni réduit à ſa plus petite étendue; les différentes réfractions que ſouffre la lumière en paſſant du verre dans l'eau, & de l'eau dans le verre, cauſent une aberration des rayons beaucoup plus grande qu'elle ne l'eſt par une réfraction ſimple dans les loupes de verre maſſif;

tous ces inconvéniens m'ont fait tourner mes vues ſur les moyens de perfectionner les lentilles de verre, & je crois avoir enfin trouvé tout ce qu'on peut faire de mieux en ce genre, comme je l'expliquerai dans les paragraphes ſuivans.

Avant de quitter les lentilles à l'eau, je crois devoir encore propoſer un moyen de conſtruction nouvelle qui ſeroit ſujette à moins d'inconvéniens, & dont l'exécution ſeroit aſſez facile. Au lieu de courber, travailler & polir de grandes glaces de quatre ou cinq pieds de diamètre, il ne faudroit que des petits morceaux quarrés de deux pouces, qui ne coûteroient preſque rien, & les placer dans un chaſſis de fer traverſé de verges minces de ce même métal & ajuſtées comme les vitres en plomb; ce chaſſis & ces verges de fer auxquelles on donneroit la courbure ſphérique & quatre pieds de diamètre, contiendroient chacun trois cents quarante-ſix de ces petits morceaux de 2 pouces, & en laiſſant quarante-ſix pour l'équivalent de l'eſpace que prendroient les verges de fer, il y auroit toujours trois cents diſques du Soleil

qui coïncideroient au même foyer que je suppose à dix pieds: chaque morceau laisseroit passer un disque de 2 pouces de diamètre, auquel ajoutant la lumière des parties du quarré circonscrit à ce cercle de 2 pouces de diamètre, le foyer n'auroit à dix pieds que 2 pouces $\frac{1}{2}$ ou 2 pouces $\frac{3}{4}$ si la monture de ces petites glaces étoit régulièrement exécutée. Or, en diminuant la perte que souffre la lumière en passant à travers l'eau & les doubles verres qui la contiennent, & qui seroit ici à peu-près de moitié, on auroit encore au foyer de ce miroir tout composé de facettes planes une chaleur cent cinquante fois plus grande que celle du Soleil. Cette construction ne seroit pas chère, & je n'y vois d'autre inconvénient que la fuite de l'eau qui pourroit percer par les joints des verges de fer qui soutiendroient les petits trapèzes de verre; il faudroit prévenir cet inconvénient en pratiquant des petites rainures de chaque côté dans ces verges & enduire ces rainures de mastic ordinaire des vitriers qui est impénétrable à l'eau.

IV.

Lentilles de Verre ſolide.

J'ai vu deux de ces lentilles, celle du Palais-royal, & celle du ſieur Segard, toutes deux ont été tirées d'une maſſe de verre d'Allemagne, qui eſt beaucoup plus tranſparent que le verre de nos glaces de miroirs. Mais perſonne ne ſait en France fondre le verre en larges maſſes épaiſſes, & la compoſition d'un verre tranſparent comme celui de Bohême, n'eſt connue que depuis peu d'années.

J'ai donc d'abord cherché les moyens de fondre le verre en maſſes épaiſſes, & j'ai fait en même-temps différens eſſais pour avoir une matière bien tranſparente. M. de Romilly, qui dans ce temps étoit l'un des Directeurs de la manufacture de Saint-Gobin, m'ayant aidé de ſes conſeils, nous fondimes deux maſſes de verre d'environ ſept pouces de diamètre ſur cinq à ſix pouces d'épaiſſeur dans des creuſets à un fourneau où l'on cuiſoit de la fayence au faubourg Saint-Antoine. Après avoir fait uſer & polir les deux ſurfaces de ces morceaux de verre pour

les rendre parallèles, je trouvai qu'il n'y en avoit qu'un des deux qui fût parfaitement net. Je livrai le second morceau qui étoit le moins parfait à des ouvriers qui ne laissèrent pas que d'en tirer d'assez bons prismes de toute grosseur, & j'ai gardé pendant plusieurs années le premier morceau qui avoit 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, & dont la transparence étoit telle qu'en posant ce verre de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur sur un livre, on pouvoit lire à travers très-aisément les caractères les plus petits & les écritures de l'encre la plus blanche; je comparai le degré de transparence de cette matière avec celle des glaces de Saint-Gobin, prises & réduites à différentes épaisseurs; un morceau de la matière de ces glaces de 2 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur sur environ un pied de longueur & de largeur, que M. de Romilly me procura, étoit vert comme du marbre vert, & l'on ne pouvoit lire à travers; il fallut le diminuer de plus d'un pouce pour commencer à distinguer les caractères à travers son épaisseur, & enfin le réduire à 2 lignes $\frac{1}{2}$ d'épaisseur pour que sa transparence fût égale à celle de mon

morceau de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur ; car on voyoit aussi clairement les caractères du livre à travers ces 4 pouces $\frac{1}{2}$, qu'à travers la glace qui n'avoit que 2 lignes $\frac{1}{2}$. Voici la composition de ce verre dont la transparence est si grande.

Sable blanc cristallin, *une livre.*
Minium ou chaux de plomb, *une livre.*
Potasse, *une demi-livre.*
Salpêtre, *une demi-once.*

Le tout mêlé & mis au feu suivant l'art.

J'ai donné à M. Cassini de Thury, ce morceau de verre, dont on pouvoit espérer de faire d'excellens verres de lunette achromatique, tant à cause de sa très-grande transparence que de sa force réfringente, qui étoit très-considérable, vu la quantité de plomb qui étoit entrée dans sa composition ; mais M. de Thury ayant confié ce beau morceau de verre à des ouvriers ignorans, ils l'ont gâté au feu où ils l'ont remis mal-à-propos ; je me suis repenti de ne l'avoir pas fait travailler moi-même, car il ne s'agissoit que de le trancher en lames, & la matière en étoit encore plus

transparente & plus nette que celle *flint-glass* d'Angleterre, & elle avoit plus de force de réfraction.

Avec 600 livres de cette même composition, je voulois faire une lentille de 26 ou 27 pouces de diamètre & de 5 pieds de foyer. J'espérois pouvoir la fondre dans mon fourneau, dont à cet effet j'avois fait changer la disposition intérieure; mais je reconnus bientôt que cela n'étoit possible que dans les plus grands fourneaux de verrerie, il me falloit une masse de 3 pouces d'épaisseur sur 27 ou 28 pouces de diamètre, ce qui fait environ un pied cube de verre; je demandai la liberté de la faire couler à mes frais à la manufacture de Saint-Gobin, mais les Administrateurs de cet établissement ne voulurent pas me le permettre; & la lentille n'a pas été faite. J'avois supputé que la chaleur de cette lentille de 27 pouces seroit à celle de la lentille du Palais-royal, comme 19 sont à 6; ce qui est un très-grand effet, attendu la petitesse du diamètre de cette lentille, qui auroit eu 11 pouces de moins que celle du Palais-royal.

Cette lentille, dont l'épaiſſeur au point du milieu ne laiſſe pas d'être conſidérable, eſt néanmoins ce qu'on peut faire de mieux pour brûler à 5 pieds : on pourroit même en augmenter le diamètre ; car je ſuis perſuadé qu'on pourroit fondre & couler également des pièces plus larges & plus épaiſſes dans les fourneaux où l'on fond les grandes glaces, ſoit à Saint-Gobin, ſoit à Rouelle en Bourgogne ; j'obſerve ſeulement ici qu'on perdroit plus par l'augmentation de l'épaiſſeur qu'on ne gagneroit par celle de la ſurface du miroir, & que c'eſt pour cela que tout compenſé, je m'étois borné à 26 ou 27 pouces.

Newton a fait voir que quand les rayons de lumière tomboient ſur le verre, ſous un angle de plus de 47 ou 48 degrés, ils ſont réfléchis au lieu d'être réfractés ; on ne peut donc pas donner à un miroir réfringent un diamètre plus grand que la corde d'un arc de 47 ou de 48 degrés de la ſphère ſur laquelle il a été travaillé ; ainſi dans le cas préſent pour brûler à 5 pieds, la ſphère ayant environ 32 pieds de circonférence, le

miroir ne peut avoir qu'un peu plus de 4 pieds de diamètre; mais dans ce cas il auroit le double d'épaisseur de ma lentille de 26 pouces, & d'ailleurs les rayons trop obliques ne se réunissent jamais bien.

Ces loupes de verre solide sont, de tous les miroirs que je viens de proposer, les plus commodes, les plus solides, les moins sujets à se gâter, & même les plus puissans lorsqu'ils sont bien transparens, bien travaillés, & que leur diamètre est bien proportionné à la distance de leur foyer. Si l'on veut donc se procurer une loupe de cette espèce, il faut combiner ces différens objets, & ne lui donner, comme je l'ai dit, que 27 pouces de diamètre pour brûler à 5 pieds, qui est une distance commode pour travailler de suite & fort à l'aise au foyer; plus le verre sera transparent & pesant, plus seront grands les effets; la lumière passera en plus grande quantité en raison de la transparence, & sera d'autant moins dispersée, d'autant moins réfléchie, & par conséquent d'autant mieux saisie par le verre, & d'autant plus réfractée qu'il sera plus

maſſif, c'eſt-à-dire, ſpécifiquement plus peſant : ce ſera donc un avantage que de faire entrer dans la compoſition de ce verre une grande quantité de plomb ; & c'eſt par cette raiſon que j'en ai mis moitié, c'eſt-à-dire, autant de minium que de ſable. Mais quelque tranſparent que ſoit le verre de ces lentilles, leur épaiſſeur dans le milieu eſt non-ſeulement un très-grand obſtacle à la tranſmiſſion de la lumière, mais encore un empêchement aux moyens qu'on pourroit trouver pour fondre des maſſes auſſi épaiſſes & auſſi grandes qu'il le faudroit ; par exemple, pour une loupe de 4 pieds de diamètre, à laquelle on donneroit un foyer de cinq ou ſix pieds, qui eſt la diſtance la plus commode, & à laquelle la lumière plongeant avec moins d'obliquité, aura plus de force qu'à de plus grandes diſtances, il faudroit fondre une maſſe de verre de quatre pieds ſur ſix pouces & demi ou ſept pouces d'épaiſſeur, parce qu'on eſt obligé de la travailler & de l'uſer même dans la partie la plus épaiſſe. Or, il ſeroit très-difficile de fondre & couler d'un ſeul jet ce gros volume, qui ſeroit, comme

l'on

l'on voit, de cinq ou six pieds cubes, car les plus amples cuvettes des manufactures de glaces ne contiennent pas deux pieds cubes; les plus grandes glaces de 60 pouces sur 120, en leur supposant 5 lignes d'épaisseur, ne font qu'un volume d'environ un pied cube trois quarts; l'on sera donc forcé de se réduire à ce moindre volume, & à n'employer en effet qu'un pied cube & demi, ou tout au plus un pied cube trois quarts de verre pour en former la loupe, & encore aura-t-on bien de la peine à obtenir des maîtres de ces manufactures, de faire couler du verre à cette grande épaisseur, parce qu'ils craignent, avec quelque raison, que la chaleur trop grande de cette masse épaisse de verre ne fasse fendre ou boursoufler la table de cuivre sur laquelle on coule les glaces, lesquelles n'ayant au plus que 5 lignes d'épaisseur *(u)*, ne communiquent

(u) On a néanmoins coulé à Saint-Gobin, & à ma prière, des glaces de sept lignes, dont je me suis servi pour différentes expériences, il y a plus de vingt ans; j'ai remis dernièrement une de ces glaces de 38 pouces en quarré & de 7 lignes d'épaisseur à M. de Bernières, qui a entrepris de faire

à la table qu'une chaleur très-médiocre en comparaiſon de celle que lui feroit ſubir une maſſe de ſix pouces d'épaiſſeur.

V.

LENTILLES à Échelons pour brûler avec la plus grande vivacité poſſible (x).

JE viens de dire que les fortes épaiſſeurs qu'on eſt obligé de donner aux lentilles lorſqu'elles ont un grand diamètre & un foyer court, nuiſent beaucoup à leur effet; une lentille de 6 pouces d'épaiſſeur dans le milieu & de la matière des glaces ordinaires ne brûle, pour ainſi dire, que par les bords. Avec du verre plus tranſparent, l'effet ſera plus grand, mais la partie du milieu reſte toujours en pure perte, la lumière ne pouvant en pénétrer & traverſer la trop grande épaiſſeur; j'ai

---

des loupes à l'eau pour l'Académie des Sciences, & j'ai vu chez lui des glaces de 10 lignes d'épaiſſeur qui ont été coulées de même à Saint-Gobin: cela doit faire préſumer qu'on pourroit, ſans aucun riſque pour la table, en couler d'encore plus épaiſſes.

(x) Voyez les *planches XIV, XV & XVI.*

rapporté les expériences que j'ai faites sur la diminution de la lumière qui passe à travers différentes épaisseurs du même verre, & l'on a vu que cette diminution est très-considérable: j'ai donc cherché les moyens de parer à cet inconvénient, & j'ai trouvé une manière simple & assez aisée de diminuer réellement les épaisseurs des lentilles autant qu'il me plaît, sans pour cela diminuer sensiblement leur diamètre & sans alonger leur foyer.

Ce moyen consiste à travailler ma pièce de verre par échelons. Supposons, pour me faire mieux entendre, que je veuille diminuer de deux pouces l'épaisseur d'une lentille de verre qui a 26 pouces de diamètre, 5 pieds de foyer & 3 pouces d'épaisseur au centre; je divise l'arc de cette lentille en trois parties, & je rapproche concentriquement chacune de ces portions d'arc, en sorte qu'il ne reste qu'un pouce d'épaisseur au centre; & je forme de chaque côté un échelon d'un demi-pouce, pour rapprocher de même les parties correspondantes; par ce moyen, en faisant un second échelon, j'arrive à l'extrémité du diamètre, & j'ai une lentille.

à échelons qui eſt à très-peu près du même foyer, & qui a le même diamètre, & près de deux fois moins d'épaiſſeur que la première, ce qui eſt un très-grand avantage.

Si l'on vient à bout de fondre une pièce de verre de 4 pieds de diamètre ſur deux pouces & demi d'épaiſſeur & de la travailler par échelons ſur un foyer de 8 pieds; j'ai ſupputé qu'en laiſſant même un pouce & demi d'épaiſſeur au centre de cette lentille & à la couronne intérieure des échelons, la chaleur de cette lentille ſera à celle de la lentille du Palais-royal, comme 28 ſont à 6, ſans compter l'effet de la différence des épaiſſeurs qui eſt très-conſidérable & que je ne puis eſtimer d'avance.

Cette dernière eſpèce de miroir réfringent eſt tout ce qu'on peut faire de plus parfait en ce genre; & quand même nous le réduirions à 3 pieds de diamètre ſur 15 lignes d'épaiſſeur au centre & 6 pieds de foyer, ce qui en rendra l'exécution moins difficile, on auroit toujours un degré de chaleur quatre fois au moins plus grand que celui des plus fortes

lentilles que l'on connoiſſe. J'oſe dire que ce miroir à échelons ſeroit l'un des plus utiles inſtrumens de Phyſique, je l'ai imaginé il y a plus de vingt-cinq ans, & tous les Savans auxquels j'en ai parlé deſireroient qu'il fût exécuté. On en tireroit de grands avantages pour l'avancement des Sciences; & y adaptant un héliomètre, on pourroit faire à ſon foyer toutes les opérations de la Chimie auſſi commodément qu'on le fait au feu des fourneaux, &c.

EXPLICATION DES FIGURES qui repréſentent le fourneau dans lequel j'ai fait courber des Glaces pour faire les miroirs ardens de différentes eſpèces.

LA *planche I* eſt le plan du fourneau, au rez-de-chauſſée, où l'on voit *HKB* un vuide qui ſauve les inconvéniens du terre-plein ſous l'âtre du fourneau; ce vuide eſt couvert d'une voûte, comme on le verra dans les figures ſuivantes.

ER les cendriers, diſpoſés en ſorte que l'ouverture de l'un eſt dans la face où ſe trouve le vent de l'autre.

LL deux contre-forts qui affermiſſent la maçonnerie du fourneau.

M M deux autres contre-forts, dont l'uſage eſt le même que celui de ceux ci-deſſus, & qui n'en diffèrent que parce qu'ils ſont un peu arrondis.

G G G G plans de quatre barres de fer qui affermiſſent le fourneau, ainſi qu'il ſera expliqué ci-après.

La *planche II* eſt l'élévation d'une des faces parallèles à la ligne *C D* du plan précédent.

H K l'ouverture pratiquée dans l'âtre du fourneau, afin qu'il ne s'y trouve point d'humidité.

C C la bouche ou grande ouverture du fourneau.

A la petite ouverture pratiquée dans la face oppoſée, laquelle eſt toute ſemblable à celle que la *même planche* repréſente, à cette différence près, que l'ouverture eſt plus petite.

M m un des contre-forts arrondis, à côté duquel on voit le vent.

R ouverture par où l'air extérieur paſſe ſous la grille du foyer.

E le cendrier, *N* le foyer, *P* la porte qui le ferme.

L l un contre-fort quarré.

G O, G O deux des barres de fer ſcellées en terre, & qui ſont unies à celles qui ſont poſées à l'autre face par les liens de fer *D*, ainſi que l'on verra dans une des figures ſuivantes.

O O deux barres de fer qui uniſſent enſemble

les deux barres *GO*, *GO* & retiennent la voûte de l'ouverture *CC* qui est bombée.

mDBDl la voûte commune du fourneau & des foyers, dont la figure est ellipsoïde, l'arrangement des briques & autres matériaux qui composent le fourneau se connoît aisément par la figure.

La *planche III* est la vue extérieure du fourneau par une des faces parallèles à la ligne *AB* du plan.

LL, *MM* contre-forts.

HK extrémités de l'ouverture sous l'âtre du fourneau.

A la petite ouverture, *C* la grande.

GOD, *GOD* les barres de fer dont on a parlé, qui sont unies ensemble par le lien *DD*.

Les liens *DD* couchés sur la voûte *DBD* sont unis ensemble par un troisième lien de fer.

P est la porte de fer qui ferme le foyer.

Les figures précédentes font connoître l'extérieur du fourneau. L'intérieur plus intéressant est représenté dans les planches suivantes.

La *planche IV* est une coupe horizontale du fourneau par le milieu de la grande bouche.

X est l'âtre que l'on a rendu concave sphérique.

EE les deux grilles qui séparent le foyer du cendrier, & sur lesquelles on met le charbon ; on a supposé que la voûte étoit transparente, pour mieux faire voir la direction des barreaux qui composent les grilles.

A la petite ouverture, *CC* la grande.

DD les marges, *LM*, *LM* les contre-forts.

La *planche V* eſt la coupe verticale du fourneau ſuivant la ligne *CD* du plan, ou ſelon le grand axe de l'ellipſoïde dont la voûte a la figure.

Z le vuide ſous l'âtre du fourneau.

GXK cavité ſphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & ſur laquelle la glace *GK* qui a été arrondie eſt poſée, & dont elle doit prendre exactement la figure après qu'elle aura été ramollie par le feu.

FF les grilles ou foyers au-deſſous deſquelles ſont les cendriers.

DD les marges qui empêchent les bords de la glace du côté des foyers d'être trop tôt atteints par le feu.

CBC la voûte, *CC* lunettes que l'on ouvre ou ferme à volonté en les couvrant d'un carreau de terre cuite, *LM* contre-forts.

La *planche VI* repréſente la coupe du fourneau par un plan vertical qui paſſe par la ligne *AB* du plan.

HKL le vuide ſous l'âtre du fourneau.

GXK cavité ſphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & ſur laquelle la glace *X* eſt déjà appliquée.

DD une des marges, *P* la grande ouverture, *Q* la petite, *CCC* lunettes.

CBC la voûte coupée tranſverſalement ou ſelon le petit axe de l'ellipſoïde. On jugera de

la grandeur de chaque partie de ce fourneau par les échelles qui ſont au bas de chaque figure, qui ont été exactement levées ſur le fourneau qui étoit au Jardin royal des plantes, par M. Gouſſier.

GRAND MIROIR DE RÉFLEXION, appelé MIROIR D'ARCHIMÈDE.

Planche VII, figure 1.

CE miroir eſt compoſé de trois cents ſoixante glaces montées ſur un chaſſis de fer *CDEF*, chaque glace eſt mobile pour que les images réfléchies par chacune, puiſſent être renvoyées vers le même point, & coïncider dans le même eſpace.

Le chaſſis qui a deux tourillons, eſt porté par une pièce de fer compoſée de deux montans *MB*, *LA* aſſemblés à tenons & mortoiſes dans la couche *ZO*; ils ſont aſſujettis dans cette ſituation par la traverſe *ab*, & par trois étais à chacun *NP*, *QP*, *OP*, fixés en *P* dans le corps du montant *MB*, & aſſemblés par le bas dans une courbe *NOQ* qui leur ſert d'empattement; ces courbes ont des entailles *NQ*, *IU* qui reçoivent des roulettes, au moyen deſquelles cette machine, quoique fort peſante, peut tourner librement ſur le plancher de bois *XXY* étant aſſujettie au centre de cette plate-forme par l'axe *RS* qui paſſe dans les deux traverſes *ZO*, *ab*; chaque montant

porte auſſi à ſa partie inférieure une roulette, en ſorte que toute la machine eſt portée par dix roulettes; la plate-forme de bois eſt recouverte de bandes de fer dans la rouette des roulettes; ſans cette attention la plate-forme ne ſeroit pas de longue durée.

La plate-forme eſt portée par quatre fortes roulettes de bois, dont l'uſage eſt de faciliter le tranſport de toute la machine d'un lieu à un autre.

Pour pouvoir varier à volonté les inclinaiſons du miroir, & pouvoir l'aſſujettir dans la ſituation que l'on juge à propos, on a adapté la cremaillière *FG* qui eſt unie avec des cercles, dont le tourillon *B* eſt le centre; cette cremaillière eſt menée par un pignon en lanterne, dont la tige *bH* traverſe le montant & un des étais, & eſt terminée par une manivelle *HK*, au moyen de laquelle on incline ou on redreſſe le miroir à diſcrétion.

Juſqu'à préſent nous n'avons expliqué que la conſtruction générale du miroir; reſte à expliquer par quel artifice on parvient à faire que les images différentes, réfléchies par les différens miroirs, ſont toutes renvoyées au même point, & c'eſt à quoi ſont deſtinées les figures ſuivantes.

Planche VIII, figure 2.

XZ une portion des barres qui occupent le derrière du miroir; ces barres ſont au nombre de vingt, & diſpoſées horizontalement, en ſorte

que leur plan eſt parallèle au plan du miroir; chacune de ces barres a dix-huit entailles *TT*, & le même nombre d'éminences *VV* qui les ſéparent: ces barres ſont aſſujetties aux côtés verticaux du chaſſis du miroir par des vis, & entr'elles par trois ou quatre barres verticales, auxquelles elles ſont aſſujetties par des vis; vis-à-vis de chaque entaille *TT* il y a des poupées *TA*, *TD* qui y ſont fixées par les écrous *GA* qui prennent la partie taraudée de la queue de la poupée après qu'elle a traverſé l'épaiſſeur de la barre; les parties ſupérieures de chaque poupée, qui ſont percées, ſervent de collets aux tourillons de la croix dont nous allons parler; cette croix repréſentée *figures 3 & 5*, eſt un morceau de cuivre ou de fer, dont la figure fait connoître la forme.

CD les tourillons qui entrent dans les trous pratiqués à chaque poupée, en ſorte qu'elle ſe peut mouvoir librement dans ces trous.

La vis *ML* après avoir traverſé l'éminence *V*, va s'appuyer en-deſſous contre l'extrémité inférieure *B* du croiſillon *BA*, en même temps le reſſort *K* va s'appliquer contre l'autre extrémité *A* du même croiſillon; en ſorte que lorſque l'on fait tourner la vis en montant, le reſſort en ſe rétabliſſant, fait que la partie *B* du croiſillon ſe trouve toujours appliquée ſur la pointe de la vis: il réſulte de cette conſtruction un mouvement de ginglime ou charnière, dont l'axe eſt *BC*, *figure* 2.

Ce ſeul mouvement ne ſuffiſant pas, on en a pratiqué un autre, dont l'axe de mouvement croiſe à angle droit le premier.

Aux deux extrémités *A* & *B* du croiſillon *AB*, on a adapté deux petites poupées *BH*, *AK*, *figure 5*, retenues comme les précédentes par des vis & des écrous.

Les trous *HK* qui ſont aux parties ſupérieures de ces poupées, reçoivent les tourillons *DC*, *figure 4*, d'une plaque de fer que nous avons appelée *porte-glace*, qui peut ſe mouvoir librement ſur les poupées, & s'incliner à l'axe *CD* du premier mouvement par le moyen de la vis *FG*, pour laquelle on a réſervé un boſſage *E* dans le croiſillon *AB*, afin de lui ſervir d'écrous dormans; cette vis s'applique par *E* contre la partie *DBC* du porte-glace, & force cette partie à monter lorſqu'on tourne la vis; mais lorſqu'on vient à lâcher cette vis, le reſſort *AL* qui s'applique contre la partie *DAC* du porte-glace, le force à ſuivre toujours la pointe de la vis: au moyen de ces deux mouvemens de ginglime, on peut donner à la glace qui eſt reçue par les crochets *ACB* du porte-glace, telle direction que l'on ſouhaite, & par ce moyen faire coïncider l'image du Soleil réfléchie par une glace, avec celle qui eſt réfléchie par une autre.

Planche IX.

La *figure 6* repréſente le porte-glace vu par-derrière, où l'on voit la vis *FEG* qui

s'applique en *G* hors de l'axe de mouvement *HK*, & le reſſort *L* qui s'applique en *L* de l'autre côté de l'axe de mouvement.

La *figure 7* repréſente le porte-glace vu en-deſſus, & garni de la glace *ACBD*, le reſte eſt expliqué dans les autres figures.

MIROIR DE RÉFLEXION rendu concave par la preſſion d'une vis appliquée au centre.

Planche X.

LA *figure 1* repréſente le miroir monté ſur ſon pied, *BDC* la fourchette qui porte le miroir; cette fourchette eſt mobile dans l'axe vertical, & eſt retenue ſur le pied à trois branches *FFF* par l'écrou *G*.

DE le régulateur des inclinaiſons.

A la tête de la vis placée au centre du miroir, & rendu concave par ſon moyen.

La *figure 2* repréſente le miroir vu par ſa partie poſtérieure, *BC* les tourillons qui entrent dans les collets de la fourchette.

FG une barre de fer fixée ſur l'anneau de même métal, qui entoure la glace: cette barre ſert de point d'appui à la vis *DE* qui comprime la glace.

BHCK l'anneau ou cercle de fer ſur lequel la glace eſt appliquée; ce cercle doit être exactement plan & parfaitement circulaire: on

couvre la partie ſur laquelle la glace s'applique avec de la peau, du cuir ou de l'étoffe, pour que le contact ſoit plus immédiat, & que la glace ne ſoit point expoſée à rompre.

MIROIR DE RÉFLEXION, rendu concave par la preſſion de l'Atmoſphère.

Planche XI.

CE miroir conſiſte en un tambour ou cylindre, dont une des baſes eſt la glace, & l'autre une plaque de fer.

AB, figure 1, la glace parfaitement plane, *C* une lentille taillée dans l'épaiſſeur même de la glace.

AE ou *BM* la hauteur du cylindre aux extrémités du diamètre horizontal *TL,* duquel ſortent deux tourillons qui entrent dans les yeux de la fourchette, ainſi qu'il eſt expliqué en parlant du miroir de réfraction.

MO le régulateur des inclinaiſons.

N le collet par lequel il paſſe & la vis qui ſert à l'y fixer.

NRSPQ le pied qui eſt ſemblable à celui du miroir de réfraction, à cette différence près, qu'il eſt de bois, & que les pièces ont un contour moins orné, du reſte ſa fonction eſt la même.

Figure 2 eſt le profil du miroir coupé par un plan qui paſſe par l'axe du cylindre, & auquel on ſuppoſe que l'œil eſt perpendiculaire.

A B la glace dont on voit l'épaisseur.

C la lentille qui y est entaillée & dont le foyer tombe sur le point *c*.

E D la base du cylindre qui est une plaque de fer.

A E, *B D* la hauteur & la coupe de la surface cylindrique.

cm une mèche soufrée que l'on fait entrer dans la cavité du miroir après avoir ôté la vis *K* dont l'écrou est un cube solidement attaché à la plaque de fer qui sert de fond au miroir.

G la même vis représentée séparément, *H* une rondelle de cuir que l'on met entre la tête de la vis & son écrou pour fermer entièrement le passage à l'air.

abc la courbure que la glace prend après que l'air que le cylindre contient, a été consommé par la flamme de la bougie *cm*, à laquelle la lentille *C* a mis le feu.

D F le régulateur des inclinaisons qui est assemblé à charnière au point *D*.

E m K, *K m D*, règles de fer posées de champ sur la base du cylindre & qui y sont fortement assujetties; leur usage est pour fortifier la plaque & la mettre en état de résister au poids de l'atmosphère, qui la comprime aussi-bien que la glace; cette construction est représentée dans une autre figure, *Planche XII*.

Autre Miroir de Réflexion.

Planche XII.

Il consiste aussi en un cylindre ou tambour de fer, dont une des bases est une glace parfaitement plane; la base opposée, & qui est celle que la *figure 1* présente, est une plaque de fer qui est fortifiée par les règles de fer posées de champ *EG, FH, EK.* On vuide l'air que le cylindre contient par la pompe *BC*, qui est affermie sur la plaque de fer par les collets *xx*.

A l'extrémité supérieure du piston.

E un cube de cuivre solidement fixé sur la plaque; ce cube est porté en travers pour recevoir le robinet *F*, au moyen duquel on ouvre ou on ferme la communication de l'intérieur du cylindre avec la pompe.

LM, mn la fourchette sur laquelle le miroir est monté & qui est mobile dans l'arbre *MO*.

MPRQ le pied qui a seulement trois branches, ce qui fait qu'il porte toujours à plomb, même sur un plan inégal.

La *figure 2* représente le miroir coupé, suivant la ligne *GH*, & duquel on suppose que l'on a pompé l'air.

XVZ la glace que la pression de l'atmosphère a rendue concave.

HG la plaque de fer qui sert de fond au cylindre.

LN les tourillons.

F E le robinet.

E G, *F H* les règles de champ qui maintiennent la plaque.

Les *figures 3 & 4* représentent en grand la coupe du cube dans lequel passe le robinet, ce cube est supposé coupé par un plan perpendiculaire à la plaque & qui passe par la pompe.

c partie du canal coudé pratiqué dans le cube qui communique à l'intérieur du miroir.

b portion du même canal qui communique à la pompe.

a le robinet qui se trouve coupé perpendiculairement à son axe.

La *figure 3* représente la situation du robinet lorsque la communication est ouverte, la portion *m* du canal se présente vis-à-vis les ouvertures *b*, *c*.

La *figure 4* représente la situation du robinet, lorsque la communication est fermée, alors la partie *m* du canal ne se présente plus vis-à-vis les mêmes ouvertures.

LENTILLE À L'EAU.

Planche XIII.

FIGURE 1. Le miroir entier monté sur son pied.

A B M C le miroir composé de deux glaces convexes, assujetties l'une contre l'autre par le chassis ou cadre circulaire *A B M C*.

B C extrémités de la fourchette de fer qui

porte ce miroir. Les extrémités de cette fourchette ſont percées d'un trou cylindrique pour recevoir les tourillons dont le chaſſis du miroir eſt garni & ſur leſquels il ſe meut pour varier les inclinaiſons.

BKC la fourchette.

KFiGH le pied qui porte le miroir; il eſt compoſé de pluſieurs pièces.

KL l'arbre ou poinçon qui s'appuie par ſa partie inférieure ſur la croix *HI*, *FG*; il eſt fixé dans la ſituation verticale par les quatre étais ou jambes de forces *KG*, *KH*, *KF*, *KI* qui ſont de fer & auxquelles on a donné un contour agréable.

fghi les roulettes.

Figure 2. Coupe ou profil du miroir dans laquelle on ſuppoſe que l'œil eſt placé dans le plan qui ſépare les deux glaces.

XZ les deux glaces qui étant réunies forment une lentille.

or le plan qui ſépare les deux glaces.

bm coupe du chaſſis ou anneau qui retient les glaces unies enſemble; cet anneau eſt compoſé de deux pièces qui s'aſſujettiſſent l'une à l'autre par des vis & entre leſquelles les glaces ſont maſtiquées.

a une petite bouteille à deux cols, l'un deſquels communique au vuide que les deux glaces laiſſent entre elles par un canal pratiqué entre les deux glaces & qui eſt entaillé moitié dans l'une & moitié dans l'autre.

Figure 3. B D C la fourchette de fer qui porte le miroir.

D E tige de la fourchette qui entre dans un trou vertical pratiqué à l'axe ou arbre *K L* du pied, en sorte que l'on peut présenter successivement la face du miroir à tous les points de l'horizon.

D collet dans lequel passe le régulateur des inclinaisons que l'on y fixe par une vis.

Lentille à Échelons.

Planche XIV.

A B bordure circulaire pour contenir ce miroir à échelons.

C C tourillons qui passent dans les trous percés horizontalement à la partie supérieure de la fourchette *D D;* à sa partie inférieure, tient une tige aussi de fer, que l'on ne voit point ici, étant entrée perpendiculairement, mais un peu à l'aise dans l'arbre *E* afin de pouvoir tourner à droite & à gauche.

L'arbre *E* est attaché solidement à son pied, qui est fait en croix, dont on ne peut voir ici que trois de ses côtés indiqués *F F F.*

G G G jambages de force ou étais de fer pour la solidité.

H H H roulettes dessous les pieds pour ranger facilement ce miroir à la direction que l'on juge à propos.

La *Planche XV* représente ce même miroir

à échelons en perspective, tourné vers le Soleil pour mettre le feu.

AB bordure circulaire qui contient la glace à échelons.

CC tourillons qui passent dans les trous percés à la partie supérieure de la fourchette *DD*.

À la partie inférieure de la fourchette, qui est de fer, tient une tige cylindrique de même métal qui entre juste dans l'arbre; mais non trop serrée pour qu'elle puisse avoir un jeu doux, propre à pouvoir tourner à droite ou à gauche pour la diriger comme on le desire.

E l'arbre dans lequel entre cette tige.

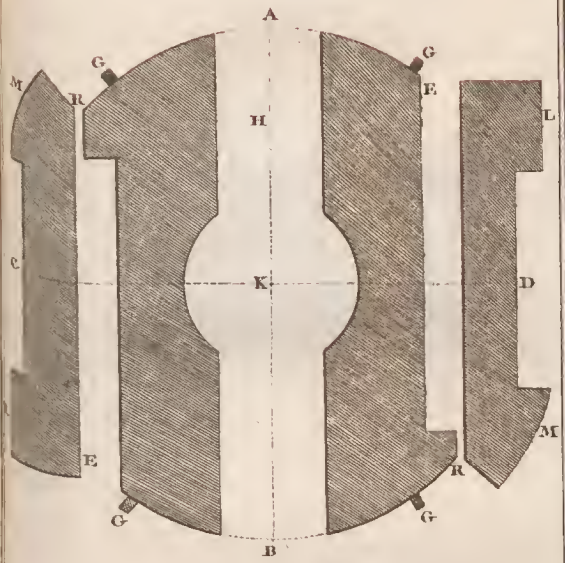
FFFF les quatre pieds en croix sur laquelle est attaché solidement l'arbre.

GGGG les quatre jambes de force, aussi de fer.

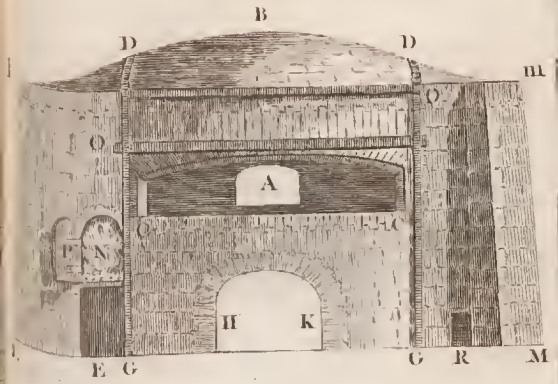
H le feu actif tiré du Soleil par la construction de ce miroir.

III roulettes de dessous les pieds du porte-miroir.

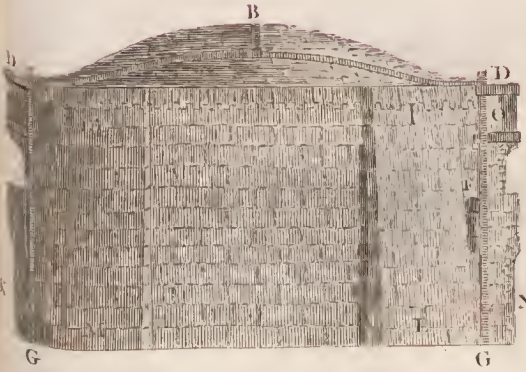
La *Planche XVI* représente les coupes de trois miroirs à échelons, dont le plus facile à exécuter seroit celui de la *figure 1.re* Leur échelle est de six pouces de pied-de-roi pour pied-de-roi.



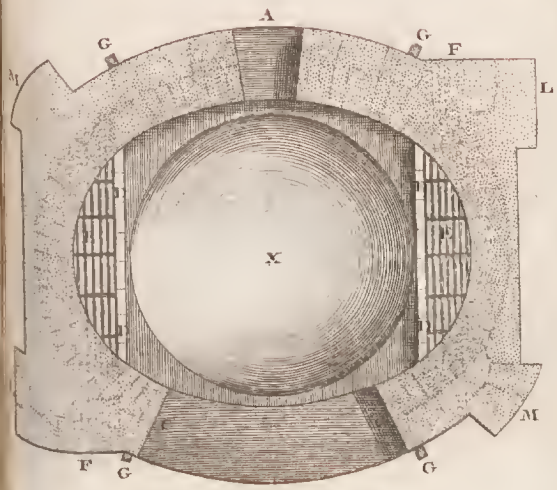
Echelle de Six Pieds



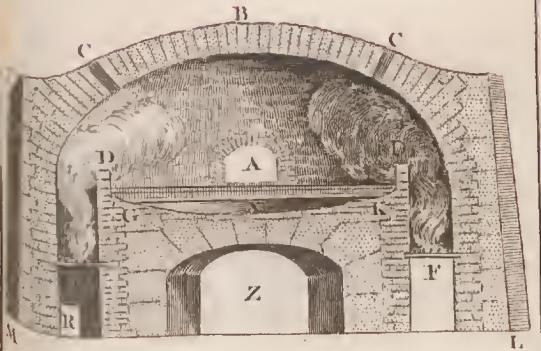
Echelle de six pieds.



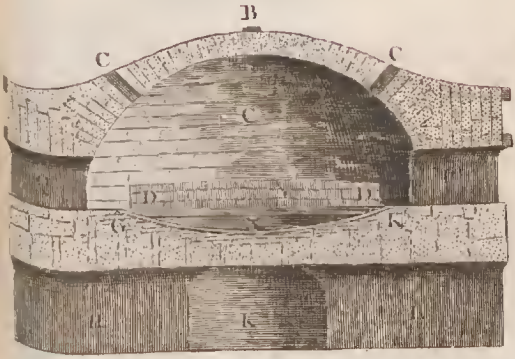
Echelle de six pieds.



Echelle de Six Pieds.



Echelle de six pieds.



Echelle de six pieds.

Fig. 1.

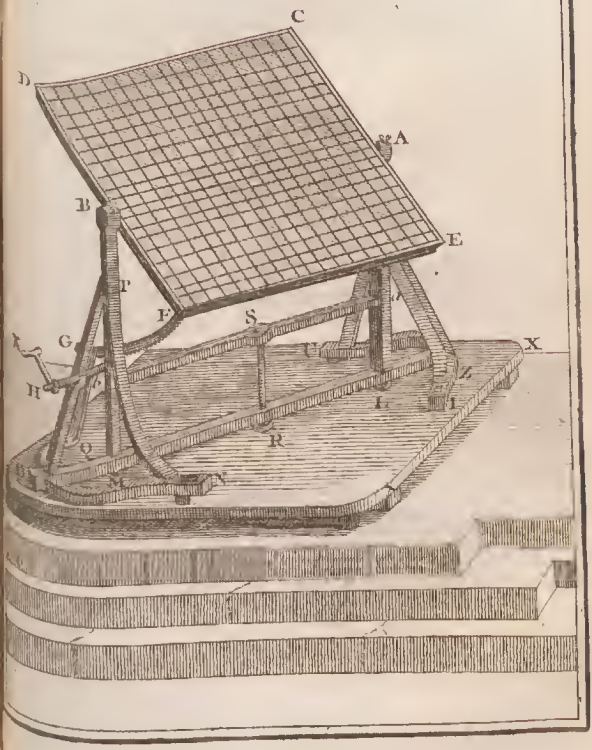


Fig. 2.

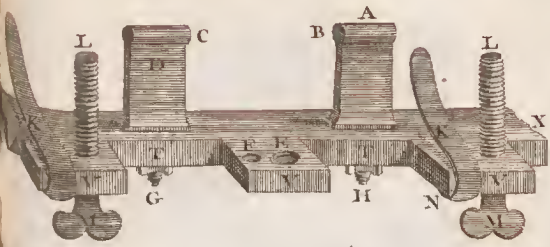


Fig. 4.

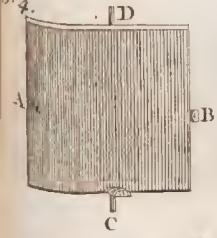
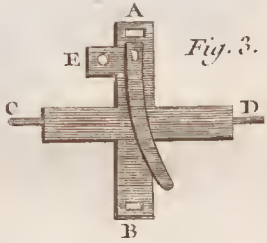


Fig. 3.



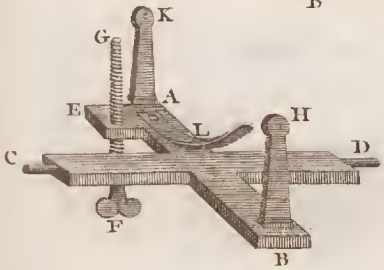


Fig. 6.

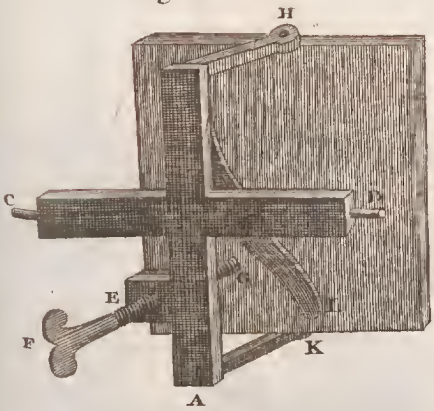
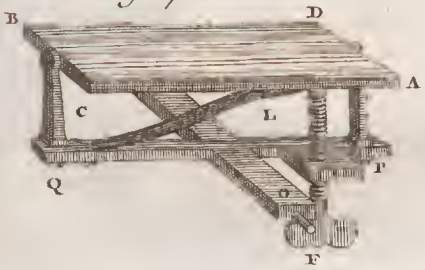


Fig. 7.



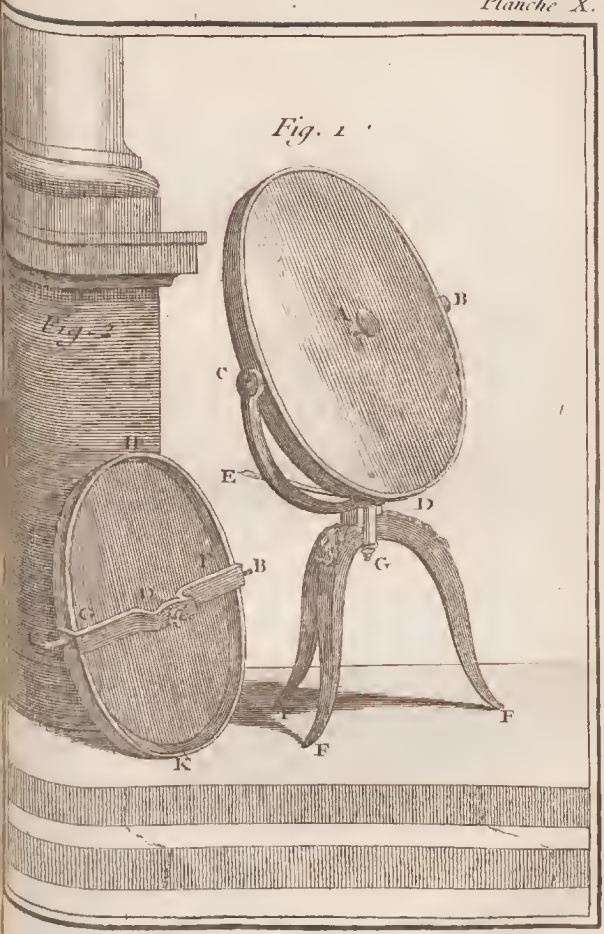


Fig. 1
Fig. 2
A
B
C
D
E
F
G
H
K

Fig. 2.

Fig. 1.

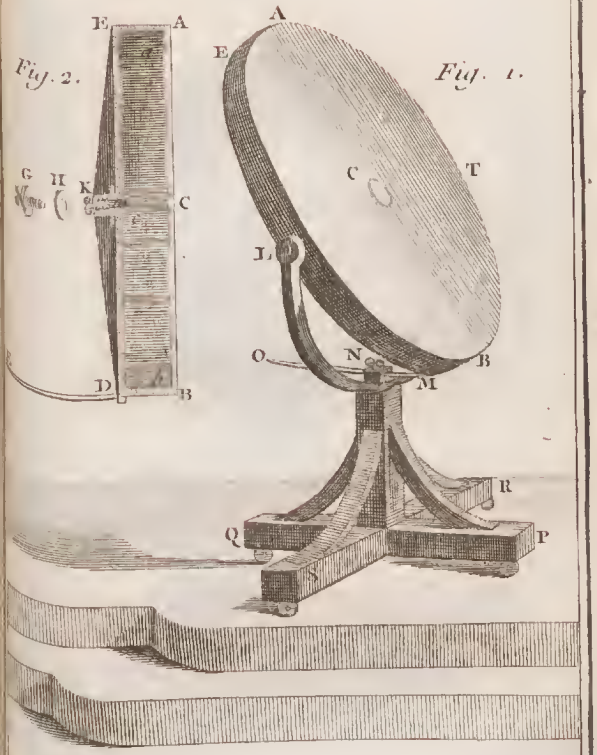


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 1.

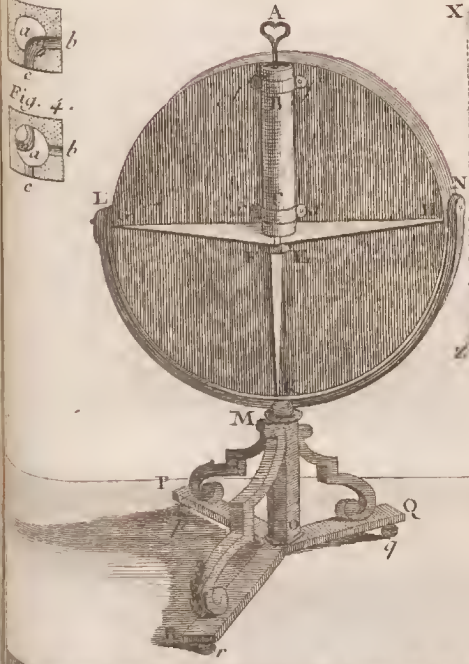


Fig. 2.

Fig. 2.

Fig. 1.

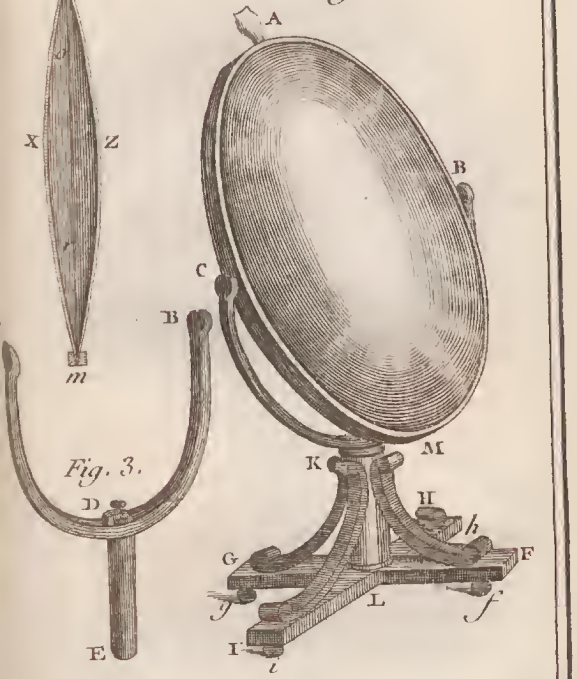
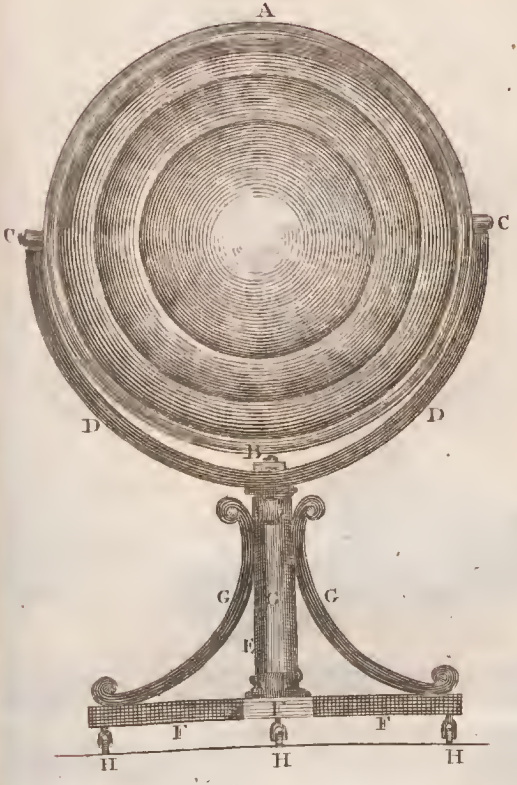


Fig. 3.


A
C
C
D
D
B
G
G
E
F
F
F
H
H
H

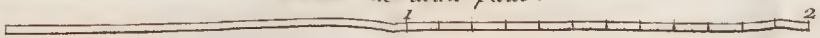
A
C
C
D
B
D
E
G
G
G
F
F
I
I
F
I
H

Fig. 1.
6. pieds de Foyer.

Fig. 2.
8. pieds de Foyer.

Fig. 3.

Echelle de deux pieds.



SEPTIÈME MÉMOIRE.

OBSERVATIONS sur les couleurs accidentelles, & sur les ombres colorées.

QUOIQU'ON se soit beaucoup occupé dans ces derniers temps de la physique des couleurs, il ne paroît pas qu'on ait fait de grands progrès depuis Newton: ce n'est pas qu'il ait épuisé la matière, mais la plupart des Physiciens ont plus travaillé à le combattre qu'à l'entendre, & quoique ses principes soient clairs, & ses expériences inconteſtables, il y a si peu de gens qui se soient donné la peine d'examiner à fond les rapports & l'ensemble de ses découvertes, que je ne crois pas devoir parler d'un nouveau genre de couleurs, sans avoir auparavant donné des idées nettes sur la production des couleurs en général.

Il y a plusieurs moyens de produire des couleurs, le premier est la réfraction:

un trait de lumière qui paſſe à travers un priſme ſe rompt & ſe diviſe de façon qu'il produit une image colorée, compoſée d'un nombre infini de couleurs, & les recherches qu'on a faites ſur cette image colorée du Soleil, ont appris que la lumière de cet aſtre eſt l'aſſemblage d'une infinité de rayons de lumière différemment colorés; que ces rayons ont autant de différens degrés de réfrangibilité que de couleurs différentes, & que la même couleur a conſtamment le même degré de réfrangibilité. Tous les corps diaphanes dont les ſurfaces ne ſont pas parallèles, produiſent des couleurs par la réfraction; l'ordre de ces couleurs eſt invariable, & leur nombre quoiqu'infini a été réduit à ſept dénominations principales, *violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge;* chacune de ces dénominations répond à un intervalle déterminé dans l'image colorée qui contient toutes les nuances de la couleur dénommée; de ſorte que dans l'intervalle rouge on trouve toutes les nuances de rouge, dans l'intervalle jaune toutes les nuances de jaune, &c. & dans les confins de ces intervalles les

couleurs intermédiaires qui ne ſont ni jaunes ni rouges, &c. C'eſt par de bonnes raiſons que Newton a fixé à ſept le nombre des dénominations des couleurs; l'image colorée du Soleil qu'il appelle *le ſpectre ſolaire*, n'offre à la première vue que cinq couleurs, violet, bleu, vert, jaune & rouge, ce n'eſt encore qu'une décompoſition imparfaite de la lumière, & une repréſentation confuſe des couleurs. Comme cette image eſt compoſée d'une infinité de cercles différemment colorés qui répondent à autant de diſques du Soleil; & que ces cercles anticipent beaucoup les uns ſur les autres, le milieu de tous ces cercles eſt l'endroit où le mélange des couleurs eſt le plus grand, & il n'y a que les côtés rectilignes de l'image où les couleurs ſoient pures; mais comme elles ſont en même temps très-foibles, on a peine à les diſtinguer, & on ſe ſert d'un autre moyen pour épurer les couleurs: c'eſt en rétréciſſant l'image du diſque du Soleil, ce qui diminue l'anticipation des cercles colorés les uns ſur les autres, & par conſéquent le mélange des couleurs; dans ce ſpectre de lumière

épurée & homogène, on voit très-bien les ſept couleurs; on en voit même beaucoup plus de ſept avec un peu d'art, car en recevant ſucceſſivement ſur un fil blanc les différentes parties de ce ſpectre de lumière épurée, j'ai compté ſouvent juſqu'à dix-huit ou vingt couleurs dont la différence étoit ſenſible à mes yeux. Avec de meilleurs organes ou plus d'attention, on pourroit encore en compter davantage; cela n'empêche pas qu'on ne doive fixer le nombre de leur dénomination à ſept, ni plus ni moins; & cela par une raiſon bien fondée, c'eſt qu'en diviſant le ſpectre de lumière épurée en ſept intervalles, & ſuivant la proportion donnée par Newton, chacun de ces intervalles contient des couleurs qui, quoique priſes toutes enſemble, ſont indécompoſables par le priſme & par quelqu'art que ce ſoit, ce qui leur a fait donner le nom de *couleurs primitives:* Si au lieu de diviſer le ſpectre en ſept, on ne le diviſe qu'en ſix, ou cinq, ou quatre, ou trois intervalles, alors les couleurs contenues dans chacun de ces intervalles ſe décompoſent par le priſme, & par conſéquent ces

couleurs

couleurs ne ſont pas pures, & ne doivent pas être regardées comme couleurs primitives. On ne peut donc pas réduire les couleurs primitives à moins de ſept dénominations, & on ne doit pas en admettre un plus grand nombre, parce qu'alors on diviſeroit inutilement les intervalles en deux ou pluſieurs parties, dont les couleurs ſeroient de la même nature, & ce ſeroit partager mal-à-propos une même eſpèce de couleur, & donner des noms différens à des choſes ſemblables.

Il ſe trouve par un haſard ſingulier, que l'étendue proportionnelle de ces ſept intervalles de couleurs, répond aſſez juſte à l'étendue proportionnelle des ſept tons de la muſique, mais ce n'eſt qu'un haſard dont on ne doit tirer aucune conſéquence; ces deux réſultats ſont indépendans l'un de l'autre, & il faut ſe livrer bien aveuglément à l'eſprit de ſyſtème pour prétendre, en vertu d'un rapport fortuit, ſoumettre l'œil & l'oreille à des loix communes, & traiter l'un de ces organes par les règles de l'autre, en imaginant qu'il eſt poſſible de faire un concert aux yeux ou un payſage aux oreilles.

Ces ſept couleurs, produites par la réfraction, ſont inaltérables, & contiennent toutes les couleurs & toutes les nuances de couleurs qui ſont au monde; les couleurs du priſme, celles des diamans, celles de l'arc-en-ciel, des images des halos, dépendent toutes de la réfraction, & en ſuivent exactement les loix.

La réfraction n'eſt cependant pas le ſeul moyen pour produire des couleurs, la lumière a de plus que ſa qualité réfrangible d'autres propriétés qui, quoique dépendantes de la même cauſe générale, produiſent des effets différens; de la même façon que la lumière ſe rompt & ſe diviſe en couleurs en paſſant d'un milieu dans un autre milieu tranſparent, elle ſe rompt auſſi en paſſant auprès des ſurfaces d'un corps opaque: cette eſpèce de réfraction qui ſe fait dans le même milieu, s'appelle *inflexion*, & les couleurs qu'elle produit, ſont les mêmes que celles de la réfraction ordinaire; les rayons violets qui ſont les plus réfrangibles, ſont auſſi les plus flexibles, & la frange colorée par l'inflexion de la lumière ne diffère du ſpectre coloré produit par la réfraction, que dans la

forme; & si l'intensité des couleurs est différente, l'ordre en est le même, les propriétés toutes semblables, le nombre égal, la qualité primitive & inaltérable commune à toutes, soit dans la réfraction, soit dans l'inflexion qui n'est en effet qu'une espèce de réfraction.

Mais le plus puissant moyen que la Nature emploie pour produire des couleurs, c'est la réflexion *(a)*; toutes les

(a) J'avoue que je ne pense pas comme Newton au sujet de la réflexibilité des différens rayons de la lumière. Sa définition de la réflexibilité n'est pas assez générale pour être satisfaisante, il est sûr que la plus grande facilité à être réfléchit est la même chose que la plus grande réflexibilité, il faut que cette plus grande facilité soit générale pour tous les cas: or qui sait si le rayon violet se réfléchit le plus aisément dans tous les cas, à cause que dans un cas particulier il rentre plutôt dans le verre que les autres rayons; la réflexion de la lumière suit les mêmes loix que le rebondissement de tous les corps à ressort; de-là on doit conclure que les particules de lumière sont élastiques, & par conséquent la réflexibilité de la lumière sera toujours proportionnelle à son ressort, & dès-lors les rayons les plus réflexibles seront ceux qui auront le plus de ressort; qualité difficile à mesurer dans la matière de la lumière, parce qu'on ne peut mesurer l'intensité d'un ressort que par la vitesse qu'il produit;

couleurs matérielles en dépendent, le vermillon n'eſt rouge que parce qu'il réfléchit abondamment les rayons rouges de la lumière, & qu'il abſorbe les autres; l'outremer ne paroît bleu que parce qu'il réfléchit fortement les rayons bleus, & qu'il reçoit dans ſes pores tous les autres rayons qui s'y perdent. Il en eſt de même des autres couleurs des corps opaques &

---

il faudroit donc pour qu'il fût poſſible de faire une expérience ſur cela, que les ſatellites de Jupiter fuſſent illuminés ſucceſſivement par toutes les couleurs du priſme, pour reconnoître par leurs éclipſes s'il y auroit plus ou moins de vîteſſe dans le mouvement de la lumière violette que dans le mouvement de la lumière rouge; car ce n'eſt que par la comparaiſon de la vîteſſe de ces deux différens rayons qu'on peut ſavoir ſi l'un a plus de reſſort que l'autre ou plus de réflexibilité. Mais on n'a jamais obſervé que les ſatellites, au moment de leur émerſion, aient d'abord paru violets, & enſuite éclairés ſucceſſivement de toutes les couleurs du priſme; donc il eſt à préſumer que les rayons de lumière ont à peu-près tous un reſſort égal, & par conſéquent autant de réflexibilité. D'ailleurs le cas particulier où le violet paroît être plus réflexible ne vient que de la réfraction, & ne paroît pas tenir à la réflexion, cela eſt aiſé à démontrer. Newton a fait voir, à n'en pouvoir douter, que les rayons différens ſont inégalement réfrangibles, que le rouge l'eſt

transparens; la transparence dépend de l'uniformité de densité; lorsque les parties composantes d'un corps sont d'égale densité, de quelque figure que soient ces mêmes parties, le corps sera toujours transparent. Si l'on réduit un corps transparent à une fort petite épaisseur, cette plaque mince produira des couleurs dont

---

le moins & le violet le plus de tous; il n'est donc pas étonnant qu'à une certaine obliquité le rayon violet se trouvant en sortant du prisme plus oblique à la surface que tous les autres rayons, il soit le premier saisi par l'attraction du verre & contraint d'y rentrer, tandis que les autres rayons, dont l'obliquité est moindre, continuent leur route sans être assez attirés, pour être obligés de rentrer dans le verre; ceci n'est donc pas, comme le prétend Newton, une vraie réflexion, c'est seulement une suite de la réfraction. Il me semble qu'il ne devoit donc pas assurer en général que les rayons les plus réfrangibles étoient les plus réflexibles. Cela ne me paroît vrai qu'en prenant cette suite de la réfraction pour une réflexion, ce qui n'en est pas une; car il est évident qu'une lumière qui tombe sur un miroir & qui en rejaillit en formant un angle de réflexion égal à celui d'incidence, est dans un cas bien différent de celui où elle se trouve au sortir d'un verre si oblique à la surface qu'elle est contrainte d'y rentrer; ces deux phénomènes n'ont rien de commun, & ne peuvent, à mon avis, s'expliquer par la même cause.

l'ordre & les principales apparences sont fort différentes des phénomènes du spectre ou de la frange colorée; aussi ce n'est pas par la réfraction que ces couleurs sont produites, c'est par la réflexion: les plaques minces des corps transparens, les bulles de savon, les plumes des oiseaux, &c. paroissent colorées parce qu'elles réfléchissent certains rayons & laissent passer ou absorbent les autres; ces couleurs ont leurs loix & dépendent de l'épaisseur de la plaque mince, une certaine épaisseur produit constamment une certaine couleur, toute autre épaisseur ne peut la produire, mais en produit une autre; & lorsque cette épaisseur est diminuée à l'infini, en sorte qu'au lieu d'une plaque mince & transparente on n'a plus qu'une surface polie sur un corps opaque, ce poli qu'on peut regarder comme le premier degré de la transparence, produit aussi des couleurs par la réflexion, qui ont encore d'autres loix; car lorsqu'on laisse tomber un trait de lumière sur un miroir de métal, ce trait de lumière ne se réfléchit pas tout entier sous le même angle, il s'en disperse une partie qui produit des couleurs

dont les phénomènes, aussi-bien que ceux des plaques minces, n'ont pas encore été assez observés.

Toutes les couleurs dont je viens de parler sont naturelles & dépendent uniquement des propriétés de la lumière; mais il en est d'autres qui me paroissent accidentelles & qui dépendent autant de notre organe que de l'action de la lumière. Lorsque l'œil est frappé ou pressé, on voit des couleurs dans l'obscurité, lorsque cet organe est mal disposé ou fatigué, on voit encore des couleurs; c'est ce genre de couleurs que j'ai cru devoir appeler *couleurs accidentelles*, pour les distinguer des couleurs naturelles, & parce qu'en effet elles ne paroissent jamais que lorsque l'organe est forcé ou qu'il a été trop fortement ébranlé.

Personne n'a fait avant le D.r Jurin *(b)* la moindre observation sur ce genre de couleurs, cependant elles tiennent aux couleurs naturelles par plusieurs rapports,

(b) Essai, *Upon distinct and indistinct vision, page 115*, des notes sur l'Optique de Smith, *tome II*, imprimé à Cambridge en 1738.

& j'ai découvert une ſuite de phénomènes ſinguliers ſur cette matière, que je vais rapporter le plus ſuccinctement qu'il me ſera poſſible.

Lorſqu'on regarde fixement & long-temps une tache ou une figure rouge ſur un fond blanc, comme un petit quarré de papier rouge ſur un papier blanc, on voit naître autour du petit quarré rouge une eſpèce de couronne d'un vert foible; en ceſſant de regarder le quarré rouge ſi on porte l'œil ſur le papier blanc, on voit très-diſtinctement un quarré d'un vert tendre, tirant un peu ſur le bleu; cette apparence ſubſiſte plus ou moins long-temps, ſelon que l'impreſſion de la couleur rouge a été plus ou moins forte. La grandeur du quarré vert imaginaire, eſt la même que celle du quarré réel rouge, & ce vert ne s'évanouit qu'après que l'œil s'eſt raſſuré & s'eſt porté ſucceſſivement ſur pluſieurs autres objets dont les images détruiſent l'impreſſion trop forte cauſée par le rouge.

En regardant fixement & long-temps une tache jaune ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache une couronne

d'un bleu pâle, & en ceſſant de regarder la tache jaune & portant ſon œil ſur un autre endroit du fond blanc, on voit diſtinctement une tache bleue de la même figure & de la même grandeur que la tache jaune, & cette apparence dure au moins auſſi long-temps que l'apparence du vert produit par le rouge. Il m'a même paru, après avoir fait moi-même, & après avoir fait répéter cette expérience à d'autres dont les yeux étoient meilleurs & plus forts que les miens, que cette impreſſion du jaune étoit plus forte que celle du rouge, & que la couleur bleue qu'elle produit s'effaçoit plus difficilement & ſubſiſtoit plus long-temps que la couleur verte produite par le rouge; ce qui ſemble prouver ce qu'a ſoupçonné Newton, que le jaune eſt de toutes les couleurs celle qui fatigue le plus nos yeux.

Si l'on regarde fixement & long-temps une tache verte ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache verte une couleur blanchâtre, qui eſt à peine colorée d'une petite teinte de pourpre; mais en ceſſant de regarder la tache verte & en portant l'œil ſur un autre endroit du fond

blanc, on voit diſtinctement une tache d'un pourpre pâle, ſemblable à la couleur d'une améthiſte pâle; cette apparence eſt plus foible & ne dure pas, à beaucoup près, auſſi long-temps que les couleurs bleues & vertes produites par le jaune & par le rouge.

De même en regardant fixement & long-temps une tache bleue ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache bleue une couronne blanchâtre un peu teinte de rouge, & en ceſſant de regarder la tache bleue & portant l'œil ſur le fond blanc, on voit une tache d'un rouge pâle, toujours de la même figure & de la même grandeur que la tache bleue, & cette apparence ne dure pas plus long-temps que l'apparence pourpre produite par la tache verte.

En regardant de même avec attention une tache noire ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache noire une couronne d'un blanc vif, & ceſſant de regarder la tache noire & portant l'œil ſur un autre endroit du fond blanc, on voit la figure de la tache exactement deſſinée & d'un blanc beaucoup plus vif

que celui du fond; ce blanc n'eſt pas mat, c'eſt un blanc brillant ſemblable au blanc du premier ordre des anneaux colorés décrits par Newton; & au contraire, ſi on regarde long-temps une tache blanche ſur un fond noir, on voit la tache blanche ſe décolorer, & en portant l'œil ſur un autre endroit du fond noir, on y voit une tache d'un noir plus vif que celui du fond.

Voilà donc une ſuite de couleurs accidentelles qui a des rapports avec la ſuite des couleurs naturelles; le rouge naturel produit le vert accidentel, le jaune produit le bleu, le vert produit le pourpre, le bleu produit le rouge, le noir produit le blanc, & le blanc produit le noir. Ces couleurs accidentelles n'exiſtent que dans l'organe fatigué, puiſqu'un autre œil ne les aperçoit pas; elles ont même une apparence qui les diſtingue des couleurs naturelles, c'eſt qu'elles ſont tendres, brillantes, & qu'elles paroiſſent être à différentes diſtances, ſelon qu'on les rapporte à des objets voiſins ou éloignés.

Toutes ces expériences ont été faites ſur des couleurs mattes avec des morceaux

de papier ou d'étoffes colorées, mais elles réuſſiſſent encore mieux lorſqu'on les fait ſur des couleurs brillantes, comme avec de l'or brillant & poli, au lieu de papier ou d'étoffe jaune; avec de l'argent brillant, au lieu de papier blanc; avec du ſapis, au lieu de papier bleu, &c. l'impreſſion de ces couleurs brillantes eſt plus vive & dure beaucoup plus long-temps.

Tout le monde ſait qu'après avoir regardé le Soleil, on porte quelquefois pendant long-temps l'image colorée de cet aſtre ſur tous les objets, la lumière trop vive du Soleil produit en un inſtant ce que la lumière ordinaire des corps ne produit qu'au bout d'une minute ou deux d'application fixe de l'œil ſur les couleurs; ces images colorées du Soleil que l'œil ébloui & trop fortement ébranlé porte par-tout, ſont des couleurs du même genre que celles que nous venons de décrire, & l'explication de leurs apparences dépend de la même théorie.

Je n'entreprendrai pas de donner ici les idées qui me ſont venues ſur ce ſujet; quelqu'aſſuré que je ſois de mes expériences, je ne ſuis pas aſſez certain des

conſéquences qu'on en doit tirer, pour oſer rien haſarder encore ſur la théorie de ces couleurs, & je me contenterai de rapporter d'autres obſervations qui confirment les expériences précédentes, & qui ſerviront ſans doute à éclaircir cette matière.

En regardant fixement & fort longtemps un quarré d'un rouge vif ſur un fond blanc, on voit d'abord naître la petite couronne de vert tendre, dont j'ai parlé; enſuite en continuant à regarder fixement le quarré rouge, on voit le milieu du quarré ſe décolorer, & les côtés ſe charger de couleur, & former comme un cadre d'un rouge plus fort & beaucoup plus foncé que le milieu; enſuite en s'éloignant un peu & continuant à regarder toujours fixement, on voit le cadre de rouge foncé ſe partager en deux dans les quatre côtés, & former une croix d'un rouge auſſi foncé; le quarré rouge paroît alors comme une fenêtre traverſée dans ſon milieu par une groſſe croiſée & quatre panneaux blancs, car le cadre de cette eſpèce de fenêtre eſt d'un rouge auſſi fort que la croiſée; continuant

toujours à regarder avec opiniâtreté, cette apparence change encore, & tout se réduit à un rectangle d'un rouge si foncé, si fort & si vif, qu'il offusque entièrement les yeux; ce rectangle est de la même hauteur que le quarré, mais il n'a pas la sixième partie de sa largeur: ce point est le dernier degré de fatigue que l'œil peut supporter; & lorsqu'enfin on détourne l'œil de cet objet, & qu'on le porte sur un autre endroit du fond blanc, on voit au lieu du quarré rouge réel, l'image du rectangle rouge imaginaire, exactement dessinée & d'une couleur verte brillante; cette impression subsiste fort long-temps, ne se décolore que peu-à-peu, elle reste dans l'œil même après l'avoir fermé. Ce que je viens de dire du quarré rouge, arrive aussi lorsqu'on regarde très-long-temps un quarré jaune ou noir, ou de toute autre couleur, on voit de même le cadre jaune ou noir, la croix & le rectangle; & l'impression qui reste, est un rectangle bleu, si on a regardé du jaune; un rectangle blanc brillant, si on a regardé un quarré noir, &c.

J'ai fait faire les expériences que je viens

de rapporter à plusieurs personnes, elles ont vu comme moi les mêmes couleurs & les mêmes apparences. Un de mes amis m'a assuré à cette occasion, qu'ayant regardé un jour une éclipse de Soleil par un petit trou, il avoit porté pendant plus de trois semaines l'image colorée de cet astre sur tous les objets; que quand il fixoit ses yeux sur du jaune brillant, comme sur une bordure dorée, il voyoit une tache pourpre, & sur du bleu comme sur un toit d'ardoises, une tache verte. J'ai moi-même souvent regardé le Soleil & j'ai vu les mêmes couleurs; mais comme je craignois de me faire mal aux yeux en regardant cet astre, j'ai mieux aimé continuer mes expériences sur des étoffes colorées, & j'ai trouvé qu'en effet ces couleurs accidentelles changent en se mêlant avec les couleurs naturelles, & qu'elles suivent les mêmes règles pour les apparences; car lorsque la couleur verte accidentelle, produite par le rouge naturel, tombe sur un fond rouge brillant, cette couleur verte devient jaune; si la couleur accidentelle bleue, produite par le jaune vif, tombe sur un fond jaune,

elle devient verte ; en ſorte que les couleurs qui réſultent du mélange de ces couleurs accidentelles avec les couleurs naturelles, ſuivent les mêmes règles & ont les mêmes apparences que les couleurs naturelles dans leur compoſition & dans leur mélange avec d'autres couleurs naturelles.

Ces obſervations pourront être de quelque utilité pour la connoiſſance des incommodités des yeux, qui viennent probablement d'un grand ébranlement cauſé par l'impreſſion trop vive de la lumière ; une de ces incommodités, eſt de voir toujours devant ſes yeux des taches colorées, des cercles blancs ou des points noirs comme des mouches qui voltigent. J'ai ouï bien des perſonnes ſe plaindre de cette eſpèce d'incommodité, & j'ai lû dans quelques Auteurs de Médecine, que la goutte ſereine eſt toujours préeédée de ces points noirs. Je ne ſais pas ſi leur ſentiment eſt fondé ſur l'expérience, car j'ai éprouvé moi-même cette incommodité, j'ai vu des points noirs pendant plus de trois mois en ſi grande quantité que j'en étois fort inquiet ; j'avois apparemment fatigué mes yeux en faiſant

& en répétant trop souvent les expériences précédentes, & en regardant quelquefois le Soleil, car les points noirs ont paru dans ce même temps, & je n'en avois jamais vu de ma vie; mais enfin ils m'incommodoient tellement, sur-tout lorsque je regardois au grand jour des objets fortement éclairés, que j'étois contraint de détourner les yeux; le jaune sur-tout m'étoit insupportable, & j'ai été obligé de changer des rideaux jaunes dans la chambre que j'habitois & d'en mettre de verts; j'ai évité de regarder toutes les couleurs trop fortes & tous les objets brillans, peu-à-peu le nombre des points noirs a diminué, & actuellement je n'en suis plus incommodé. Ce qui m'a convaincu que ces points noirs viennent de la trop forte impression de la lumière, c'est qu'après avoir regardé le Soleil, j'ai toujours vu une image coloréc que je portois plus ou moins long-temps sur tous les objets, & suivant avec attention les différentes nuances de cette image colorée, j'ai reconnu qu'elle se décoloroit peu-à-peu, & qu'à la fin je ne portois plus sur les objets qu'une tache noire,

d'abord aſſez grande, qui diminuoit enſuite peu-à-peu, & ſe réduiſoit enfin à un point noir.

Je vais rapporter à cette occaſion un fait qui eſt aſſez remarquable, c'eſt que je n'étois jamais plus incommodé de ces points noirs que quand le ciel étoit couvert de nuées blanches, ce jour me fatiguoit beaucoup plus que la lumière d'un ciel ſerein, & cela parce qu'en effet la quantité de lumière réfléchie par un ciel couvert de nuées blanches, eſt beaucoup plus grande que la quantité de lumière réfléchie par l'air pur; & qu'à l'exception des objets éclairés immédiatement par les rayons du Soleil, tous les autres objets qui ſont dans l'ombre, ſont beaucoup moins éclairés que ceux qui le ſont par la lumière réfléchie d'un ciel couvert de nuées blanches.

Avant que de terminer ce Mémoire, je crois devoir encore annoncer un fait qui paroîtra peut-être extraordinaire, mais qui n'en eſt pas moins certain, & que je ſuis fort étonné qu'on n'ait pas obſervé; c'eſt que les ombres des corps qui par leur eſſence doivent être noires,

puiſqu'elles ne ſont que la privation de la lumière, que les ombres, dis-je, ſont toujours colorées au lever & au coucher du Soleil; j'ai obſervé pendant l'été de l'année 1743, plus de trente aurores & autant de ſoleils couchans, toutes les ombres qui tomboient ſur du blanc, comme ſur une muraille blanche, étoient quelquefois vertes, mais le plus ſouvent bleues, & d'un bleu auſſi vif que le plus bel azur. J'ai fait voir ce phénomène à pluſieurs perſonnes qui ont été auſſi ſurpriſes que moi; la ſaiſon n'y fait rien, car il n'y a pas huit jours (15 novembre 1743) que j'ai vu des ombres bleues, & quiconque voudra ſe donner la peine de regarder l'ombre de l'un de ſes doigts au lever ou au coucher du Soleil ſur un morceau de papier blanc, verra comme moi cette ombre bleue. Je ne ſache pas qu'aucun Aſtronome, qu'aucun Phyſicien, que perſonne, en un mot, ait parlé de ce phénomène, & j'ai cru qu'en faveur de la nouveauté on me permettroit de donner le précis de cette obſervation.

Au mois de juillet 1743, comme j'étois

occupé de mes couleurs accidentelles, & que je cherchois à voir le Soleil, dont l'œil ſoutient mieux la lumière à ſon coucher qu'à toute autre heure du jour, pour reconnoître enſuite les couleurs & les changemens de couleurs cauſés par cette impreſſion, je remarquai que les ombres des arbres qui tomboient ſur une muraille blanche étoient vertes; j'étois dans un lieu élevé & le Soleil ſe couchoit dans une gorge de montagnes, en ſorte qu'il me paroiſſoit fort abaiſſé au-deſſous de mon horizon; le ciel étoit ſerein, à l'exception du couchant, qui, quoiqu'exempt de nuages, étoit chargé d'un rideau tranſparent de vapeurs d'un jaune rougeâtre, le Soleil lui-même fort rouge, & ſa grandeur apparente au moins quadruple de ce qu'elle eſt à midi; je vis donc très-diſtinctement les ombres des arbres qui étoient à 20 & 30 pieds de la muraille blanche, colorés d'un vert tendre tirant un peu ſur le bleu: l'ombre d'un treillage qui étoit à 3 pieds de la muraille, étoit parfaitement deſſinée ſur cette muraille, comme ſi on l'avoit nouvellement peinte en vert-de-gris: cette

apparence dura près de 5 minutes, après quoi la couleur s'affoiblit avec la lumière du Soleil, & ne disparut entièrement qu'avec les ombres. Le lendemain, au lever du Soleil, j'allai regarder d'autres ombres sur une muraille blanche, mais au lieu de les trouver vertes, comme je m'y attendois, je les trouvai bleues ou plutôt de la couleur de l'indigo le plus vif; le ciel étoit serein, & il n'y avoit qu'un petit rideau de vapeurs jaunâtres au levant, le Soleil se levoit sur une colline, en sorte qu'il me paroissoit élevé au-dessus de mon horizon, les ombres bleues ne durèrent que 3 minutes, après quoi elles me parurent noires; le même jour je revis au coucher du Soleil les ombres vertes, comme je les avois vues la veille. Six jours se passèrent ensuite sans pouvoir observer les ombres au coucher du Soleil, parce qu'il étoit toujours couvert de nuages; le septième jour je vis le Soleil à son coucher, les ombres n'étoient plus vertes, mais d'un beau bleu d'azur, je remarquai que les vapeurs n'étoient pas fort abondantes, & que le Soleil ayant avancé pendant sept jours,

ſe couchoit derrière un rocher qui le faiſoit diſparoître avant qu'il pût s'abaiſſer au-deſſous de mon horizon. Depuis ce temps j'ai très-ſouvent obſervé les ombres, ſoit au lever, ſoit au coucher du Soleil, & je ne les ai vues que bleues, quelquefois d'un bleu fort vif, d'autres fois d'un bleu pâle, d'un bleu foncé, mais conſtamment bleues.

Ce Mémoire a été imprimé dans ceux de l'Académie Royale des Sciences, *année 1743*. Voici ce que je crois devoir y ajouter aujourd'hui *(année 1773)*.

Des obſervations plus fréquentes m'ont fait reconnoître que les ombres ne paroiſſent jamais vertes au lever ou au coucher du Soleil, que quand l'horizon eſt chargé de beaucoup de vapeurs rouges; dans tout autre cas les ombres ſont toujours bleues, & d'autant plus bleues que le ciel eſt plus ſerein. Cette couleur bleue des ombres, n'eſt autre choſe que la couleur même de l'air, & je ne ſais pourquoi quelques Phyſiciens ont défini l'air *un fluide inviſible (c), inodore,*

(c) Dictionnaire de Chimie, *article de l'Air.*

insipide, puisqu'il est certain que l'azur céleste n'est autre chose que la couleur de l'air; qu'à la vérité il faut une grande épaisseur d'air, pour que notre œil s'aperçoive de la couleur de cet élément, mais que néanmoins lorsqu'on regarde de loin des objets sombres, on les voit toujours plus ou moins bleus. Cette observation que les Physiciens n'avoient pas faite sur les ombres & sur les objets sombres vus de loin, n'avoit pas échappé aux habiles Peintres, & elle doit en effet servir de base à la couleur des objets lointains, qui tous auront une nuance bleuâtre d'autant plus sensible qu'ils seront supposés plus éloignés du point de vue.

On pourra me demander comment cette couleur bleue qui n'est sensible à notre œil que quand il y a une très-grande épaisseur d'air, se marque néanmoins si fortement à quelques pieds de distance au lever & au coucher du Soleil? comment il est possible que cette couleur de l'air, qui est à peine sensible à dix mille toises de distance, puisse donner à l'ombre noire d'un treillage, qui n'est éloigné de la muraille blanche que de

trois pieds, une couleur du plus beau bleu : c'eſt en effet de la ſolution de cette queſtion que dépend l'explication du phénomène. Il eſt certain que la petite épaiſſeur d'air qui n'eſt que de trois pieds entre le treillage & la muraille, ne peut pas donner à la couleur noire de l'ombre une nuance auſſi forte de bleu ; ſi cela étoit, on verroit à midi & dans tous les autres temps du jour, les ombres bleues comme on les voit au lever & au coucher du Soleil. Ainſi cette apparence ne dépend pas uniquement, ni même preſque point du tout de l'épaiſſeur de l'air entre l'objet & l'ombre. Mais il faut conſidérer qu'au lever & au coucher du Soleil, la lumière de cet aſtre étant affoiblie à la ſurface de la Terre, autant qu'elle peut l'être par la plus grande obliquité de cet aſtre, les ombres ſont moins denſes, c'eſt-à-dire, moins noires dans la même proportion, & qu'en même temps la Terre n'étant plus éclairée que par cette foible lumière du Soleil qui ne fait qu'en raſer la ſuperficie, la maſſe de l'air qui eſt plus élevée, & qui par conſéquent reçoit encore la lumière du Soleil bien moins obliquement,

obliquement, nous renvoie cette lumière, & nous éclaire alors autant & peut-être plus que le Soleil. Or cet air pur & bleu ne peut nous éclairer qu'en nous renvoyant une grande quantité de rayons de sa même couleur bleue, & lorsque ces rayons bleus que l'air réfléchit, tomberont sur des objets privés de toute autre couleur comme les ombres, il les teindront d'une plus ou moins forte nuance de bleu, selon qu'il y aura moins de lumière directe du Soleil, & plus de lumière réfléchie de l'atmosphère. Je pourrois ajouter plusieurs autres choses qui viendroient à l'appui de cette explication, mais je pense que ce que je viens de dire, est suffisant pour que les bons esprits l'entendent & en soient satisfaits.

Je crois devoir citer ici quelques faits observés par M. l'Abbé Millot, ancien grand Vicaire de Lyon, qui a eu la bonté de me les communiquer par ses lettres des 18 août 1754 & 10 février 1755, dont voici l'extrait. « Ce n'est pas seulement au lever & au coucher du Soleil, « que les ombres se colorent. A midi, « le ciel étant couvert de nuages, excepté «

» en quelques endroits, vis-à-vis d'une » de ces ouvertures que laiſſoient entr'eux » les nuages, j'ai fait tomber des ombres » d'un fort beau bleu ſur du papier » blanc, à quelques pas d'une fenêtre. » Les nuages s'étant joints, le bleu diſ- » parut. J'ajouterai en paſſant, que plus » d'une fois j'ai vu l'azur du ciel ſe » peindre, comme dans un miroir, ſur » une muraille où la lumière tomboit » obliquement. Mais voici d'autres obſer- » vations plus importantes à mon avis; » avant que d'en faire le détail, je ſuis » obligé de tracer la topographie de ma » chambre: elle eſt à un troiſième étage; » la fenêtre près d'un angle au couchant, » la porte preſque vis-à-vis. Cette porte » donne dans une galerie, au bout de » laquelle, à deux pas de diſtance, eſt » une fenêtre ſituée au midi. Les jours » des deux fenêtres ſe réuniſſent, la porte » étant ouverte contre une des murailles; » & c'eſt-là que j'ai vu des ombres » colorées preſque à toute heure, mais » principalement ſur les dix heures du » matin. Les rayons du Soleil que la » fenêtre de la galerie reçoit encore

obliquement, ne tombent point par celle « de la chambre, sur la muraille dont je « viens de parler. Je place à quelques « pouces de cette muraille des chaises de « bois à dossier percé. Les ombres en « sont alors de couleurs quelquefois très- « vives. J'en ai vu qui, quoique pro- « jetées du même côté, étoient l'une « d'un vert foncé, l'autre d'un bel azur. « Quand la lumière est tellement ménagée, « que les ombres soient également sen- « sibles de part & d'autre, celle qui est « opposée à la fenêtre de la chambre est « ou bleue ou violette; l'autre tantôt « verte, tantôt jaunâtre. Celle-ci est « accompagnée d'une espèce de pé- « nombre bien colorée, qui forme comme « une double bordure bleue d'un côté, « & de l'autre verte ou rouge ou jaune, « selon l'intensité de la lumière. Que je « ferme les volets de ma fenêtre, les « couleurs de cette pénombre n'en ont « souvent que plus d'éclat; elles dispa- « roissent si je ferme la porte à moitié. « Je dois ajouter que le phénomène n'est « pas à beaucoup près si sensible en hiver. « Ma fenêtre est au couchant d'été, je «

» ſis mes premières expériences dans cette » ſaiſon, dans un temps où les rayons du » Soleil tomboient obliquement ſur la » muraille qui fait angle avec celle où les ombres ſe coloroient. »

On voit par ces obſervations de M. l'Abbé Millot, qu'il ſuffit que la lumière du Soleil tombe très-obliquement ſur une ſurface, pour que l'azur du ciel, dont la lumière tombe toujours directement, s'y peigne & colore les ombres. Mais les autres apparences dont il fait mention, ne dépendent que de la poſition des lieux & d'autres circonſtances acceſſoires.

FIN du Tome ſeptième.

TABLE

Des Matières contenues dans les deux Volumes.

A

ABSOLU. Il n'y a rien d'absolu dans la Nature ; rien de parfait, rien d'absolument grand, rien d'absolument petit, rien d'entièrement nul, rien de vraiment infini, *Vol.* VI, *page* 21.

ACIDES (les) viennent en grande partie de la décomposition des substances minérales ou végétales, preuve de cette assertion. *Vol.* VI, 68. Ils ne doivent leur liquidité qu'à la quantité d'air & de feu qu'ils contiennent, *Ibid.* 157. Contiennent toujours une certaine quantité d'alkali. *Ibid.* 159.

ACIDES & ALKALIS. Il y a plus de terre & moins d'eau dans les alkalis, & plus d'eau & moins de terre dans les acides. *Vol.* VI, 157.

ACIDES *nitreux* (les) contiennent une grande quantité d'air & de feu fixes. *Vol.* VI, 68.

AFFINITÉS. Le degré d'affinité de l'air avec l'eau, dépend en grande partie de celui de sa température, ce degré dans son état de liquidité est à peu-près le même que celui de la chaleur générale à la surface de la terre. *Vol.* VI, 138 & 139. Les degrés d'affinité dépendent absolument

de la figure des parties intégrantes des corps. *Vol.* VI, 160 & 161.

AFFINITÉS *chimiques* (les) n'ont point d'autres principes que celui de l'attraction universelle commune à toute la matière. — Cette grande loi toujours constante, toujours la même, ne paroît varier que par son expression qui ne peut être la même dès que la figure des corps entre comme élément dans leur distance. *Vol.* VI, 107 & *suiv.*

AIR (l') est le premier aliment du feu, aliment nécessaire, sans lequel le feu ne peut subsister. — Un petit point de feu, tel que celui d'une bougie allumée, absorbe une grande quantité d'air, & la bougie s'éteint au moment que la quantité ou la qualité de cet aliment lui manque. *Vol.* VI, 52. L'air est le plus fluide de toutes les matières connues, à l'exception du feu qui est la cause de toute fluidité, & qu'on doit regarder comme plus fluide que l'air. — Inductions tirées de la grande fluidité de l'air. *Ibid.* 53 & *suiv.* L'air est de toutes les matières connues, celle que la chaleur met le plus aisément en mouvement expansif. — Il est tout près de la nature du feu. — Pourquoi il augmente si fort l'activité du feu, & pourquoi il est nécessaire à sa subsistance. *Ibid.* 55. Manière dont le feu détruit le ressort de l'air. — Explication de la façon dont l'air élastique devient fixe. — L'air étant raréfié par la chaleur, peut occuper un espace treize fois plus grand que celui de son volume ordinaire. *Ibid.* 62. L'air paroît être de toutes les matières, celle qui peut exister le plus, indépendamment du feu. — Il lui faut infiniment moins de chaleur qu'à toute autre

matière pour entretenir sa fluidité. — Les plus grands froids & les plus fortes condensations, ne peuvent détruire son ressort, la chaleur seule en le raréfiant est capable de cet effet. *Vol.* VI, 110 *&* 111. Dans quelles circonstances l'air peut reprendre son élasticité. — Comment il la perd & la recouvre. — Comment il devient une substance fixe, & s'incorpore avec les autres corps. *Ibid.* 111. Manière dont il contribue à la chaleur animale. *Ibid.* 117. Explication de la manière dont l'air que les animaux respirent, contribue à l'entretien de la chaleur animale. — Comment il passe dans le sang des animaux. *Ibid.* 121 *& suiv.* Il fait partie très-sensible de la nourriture des végétaux & se fixe dans leur intérieur. *Ibid.* 127. L'air contenu dans l'eau est dans un état moyen entre la fixité & l'élasticité. *Ibid.* 136. Il se sépare plus aisément de l'eau que de toute autre matière. *Ibid.* 138. Explication de la manière dont le froid & le chaud dégagent également l'air contenu dans l'eau. *Ibid.* Il y a beaucoup moins d'air dans l'eau, que d'eau dans l'air. — Il s'imbibe très-aisément de l'eau, & paroît aussi la rendre aisément. *Ibid.* 141 *&* 142.

AIR FIXE. Sa différence avec l'air disséminé dans les corps. *Vol.* VI, 62 *& suiv.* Il faut une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres pour qu'il s'établisse à demeure sous cette nouvelle forme. Mais il n'est pas nécessaire que le feu soit violent pour faire perdre à l'air son élasticité; le plus petit feu & même une chaleur très-médiocre suffit, pourvu qu'elle soit appliquée long-temps sur une petite quantité d'air. *Ibid.* 113. L'air fixe existe en grande quantité dans toutes les substances animales ou

végétales, & dans un grand nombre de matières brutes. *Vol.* VI, 128.

ALKALI (*l'*) est produit par le feu; expérience qui le démontre. *Vol.* VI, 158. Le feu est le principe de la formation de l'alkali minéral & les autres alkalis doivent également leur formation à la chaleur constante de l'animal & du végétal dont on les tire. *Ibid.* 159.

ANIMAUX. La chaleur dans les différens genres d'animaux n'est pas égale, les oiseaux sont les plus chauds de tous, les quadrupèdes ensuite, l'homme après les quadrupèdes, les cétacées après l'homme, les reptiles beaucoup après, & enfin les poissons, les insectes & les coquillages sont de tous les animaux ceux qui ont le moins de chaleur. *Vol.* VI, 114. Les animaux qui ont des poumons & qui par conséquent respirent l'air, ont toujours plus de chaleur que ceux qui en sont privés; & plus la surface des poumons est étendue, plus aussi leur sang devient chaud. — Les oiseaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons considérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes, & c'est par cette raison qu'ils ont plus de chaleur; ceux qui les ont moins étendus ont aussi beaucoup moins de chaleur, & elle dépend en général de la force & de l'étendue des poumons. *Ibid.* 117 *& suiv.* — Les animaux fixent & transforment l'air, l'eau & le feu en plus grande quantité que les végétaux. — Les fonctions des corps organisés, sont l'un des plus puissans moyens que la Nature emploie pour la conversion des élémens. *Ibid.* 153.

ANIMAUX *à coquilles*, Les animaux à coquilles

ou à transudation pierreuse, sont plus nombreux dans la mer que les insectes ne le sont sur la terre. *Vol.* VI, 147.

ANTIMOINE. Différence de fusibilité entre le régule d'antimoine ou antimoine natif, & l'antimoine qui a déjà été fondu. *Vol.* VI, 414.

ARBRES. La chaleur de l'atmosphère en été est plus grande que la chaleur propre de l'arbre, mais en hiver cette chaleur propre de l'arbre est plus grande que celle de l'atmosphère. *Vol.* VI, 115 & 116. Causes de la chaleur intérieure des arbres & des autres végétaux. *Ibid.* 116.

B

BALANCE *hydrostatique*. On ne peut rien conclure de positif des expériences faites à la balance hydrostatique sur des volumes trop petits. *Vol.* VII, 14 & 15.

BOULETS *de Canon*. C'est une très-mauvaise pratique que de faire chauffer à blanc & plusieurs fois les boulets de canon pour en diminuer le volume; ils deviennent par cette opération réitérée très-légers & cassans. *Vol.* VII, 60.

BURE. C'est ainsi qu'on appelle la partie supérieure du fourneau à fondre les mines de fer, qui s'élève au-dessus de son terre-plein. *Vol.* VII, 102.

C

CALCAIRE. Les matières calcaires se réduiroient en verre comme toutes les autres matières terrestres par l'augmentation du feu, soit des fourneaux, soit des miroirs ardens. *Vol.* VI, 89.

CALCINATION. Par la simple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un quart, & l'on diminue celui du marbre de près de moitié; il y a donc un quart de matière inconnue que le feu donne au premier, & une moitié d'autre matière également inconnue qu'il enlève au second; & lorsqu'après cette calcination l'on travaille sur ces matières calcinées, il est évident que ce n'est plus sur le plomb ou sur le marbre que l'on travaille, mais sur des matières dénaturées ou composées par l'action du feu. *Vol.* VI, 78. La calcination est pour les corps fixes & incombustibles, ce qu'est la combustion pour les matières volatiles & inflammables — Elle a besoin, comme la combustion, du secours de l'air. — Comparaison de la calcination & de la combustion. *Ibid.* 98 *& suiv.* Toute calcination est toujours accompagnée d'un peu de combustion, & de même toute combustion est toujours accompagnée d'un peu de calcination. *Ibid.* 100. Explication de la manière dont certaines matières augmentent de pesanteur par l'effet de la calcination. *Ibid.* 102. Calcination produite par la chaleur obscure dans la pierre calcaire jusqu'à 2 pieds & 2 pieds $\frac{1}{2}$ de profondeur. *Vol.* VII, 122. La calcination est plus grande par la chaleur obscure & concentrée que par le feu libre & lumineux. — Moyen de faire à peu de frais la calcination du plâtre & des pierres. *Ibid.* 224.

CALCUL. On peut tout représenter avec le calcul, mais on ne réalise rien. *Vol.* VI, 191.

CANONS *de fusil.* La soudure est l'opération la plus importante dans la fabrication des canons de fusil, & celle qui est en même temps la plus difficile,

— Précautions qu'il faudroit prendre pour la faire réussir. *Vol.* VII, 92.

CHALEUR (la) paroît tenir encore de plus près que la lumière à l'essence du feu, & on doit regarder la chaleur comme une chose différente de la lumière & du feu. *Vol.* VI, 26. Elle existe aussi très-souvent sans lumière. *Ibid.* 26. On a fait moins de découvertes sur la nature de la chaleur que sur celle de la lumière. *Ibid.* 28. Siége de la chaleur différent de celui de la lumière. *Ibid.* 29. Le globe de la Terre & en général toutes les matières fluides & solides dont il est composé ou environné, ont toutes une chaleur propre très-grande & plus grande que la chaleur qui nous vient du Soleil. *Ibid.* Toute la matière connue est chaude, & dès-lors la chaleur est une affection bien plus générale que celle de la lumière. *Ibid.* Les molécules de la chaleur sont bien plus grosses que celles de la lumière. *Ibid.* 30. Son mouvement progressif est bien plus lent que celui de la lumière. — Le principe de la chaleur est l'attrition des corps. *Ibid.* Sa production & celle de la lumière; leur différence. *Ibid.* 31. Elle diminue dans sa propagation beaucoup plus que la lumière. *Ibid.* 39. L'on doit reconnoître deux sortes de chaleurs; l'une lumineuse, dont le Soleil est le foyer immense, & l'autre obscure, dont le grand réservoir est le globe terrestre. *Ibid.* 44. La chaleur qui émane du globe de la Terre est bien plus considérable que celle qui nous vient du Soleil. — Elle est dans le climat de Paris vingt-neuf fois plus grande en été, & quatre cents quatre-vingt-dix fois plus grande en hiver que celle qui nous vient de cet astre, & cette estimation est encore trop foible, *Ibid.* 45

& 46. Effets de la chaleur du globe terreſtre ſur les matières minérales. *Vol.* VI, 50. La chaleur intérieure du globe a été originairement bien plus grande qu'elle ne l'eſt aujourd'hui; on doit lui rapporter, comme à la cauſe première toutes les ſublimations, précipitations, agrégations, ſéparations, en un mot, tous les mouvemens qui ſe ſont faits & ſe font chaque jour dans l'intérieur du globe. *Vol.* VI, 50. La chaleur ſeule & dénuée de toute apparence de lumière & de feu peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent. *Ibid.* 51. Elle chaſſe des corps toutes les parties humides, elle dilate les corps en les ſéchant & en augmente la dureté; exemple de cette dureté acquiſe par la chaleur dans les pierres calcaires. — Elle augmente la peſanteur ſpécifique de pluſieurs matières, & ſe fixe dans leur intérieur lorſqu'elle leur eſt long-temps appliquée. *Ibid.* 96. Les degrés de chaleur ſont différens dans les différens genres d'animaux. *Ibid.* 114. La chaleur propre du globe terreſtre entre comme élément dans la combinaiſon de tous les autres élémens. *Ibid.* 132. Progreſſion de la chaleur, tant pour l'entrée que pour la ſortie dans des boulets de fer de différens diamètres, déterminée par des expériences préciſes. *Ibid.* 204 *& ſuiv.* La durée de la chaleur dans les globes, n'eſt rigoureuſement proportionnelle à leur diamètre, que dans la ſuppoſition mathématique que ces globes ſoient compoſés d'une matière parfaitement perméable à la chaleur; en ſorte que la ſortie de la chaleur fût abſolument libre, & que les particules ignées ne trouvaſſent aucun obſtacle qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction. — Mais les

obſtacles qui réſultent de la perméabilité non abſolue, imparfaite & inégale de toute matière ſolide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter. *Vol.* VI, 216 & 217. La durée de la chaleur dans différentes matières expoſées au même feu pendant un temps égal, eſt toujours dans la même proportion, ſoit que le degré de chaleur ſoit plus grand ou plus petit; exemples. *Ibid.* 238. Ce n'eſt pas proportionnellement à leur denſité que les corps reçoivent & perdent plus ou moins vîte la chaleur, mais dans un rapport bien différent & qui eſt en raiſon inverſe de leur ſolidité, c'eſt-à-dire, de leur plus ou moins grande non-fuſibilité: démonſtration de cette vérité par l'expérience. *Ibid.* 239 & *ſuiv.* La denſité n'eſt pas relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps ſolides, ni dans les fluides. *Ibid.* 242. Ordre dans lequel les matières minérales reçoivent & perdent la chaleur à commencer par le fer, qui de toutes les matières eſt celle à laquelle il faut le plus de temps pour s'échauffer & ſe refroidir.

Fer.
Émeril.
Cuivre.
Or.
Argent.
Zinc.
Marbre blanc.
Marbre commun.
Pierre calcaire dure.
Grès.
Verre.
Plomb.
Étain.
Pierre calcaire tendre.
Glaiſe.
Biſmuth.
Porcelaine.
Antimoine.
Ocre.
Craie.
Gyps.
Bois.

Vol. VI, 393 *& suivantes.* Le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-métaux & minéraux métalliques, est en même raison, ou du moins en raison très-voisine de celle de leur fusibilité. *Ibid.* 416. Le progrès de la chaleur dans toutes les substances minérales est toujours à très-peu près en raison de leur plus ou moins grande facilité à se calciner ou à se fondre, mais quand leur calcination ou leur fusion sont également difficiles, & qu'elles exigent un degré de chaleur extrême, alors le progrès de la chaleur se fait suivant l'ordre de leur densité. *Ibid.* 421. Lorsque la chaleur est appliquée long-temps, elle se fixe dans les pierres & autres matières solides, & en augmente la pesanteur spécifique. *Vol.* VII, 128. Estimation de la quantité de chaleur qui se fixe dans les pierres calcaires. *Ibid.* 131 *&* 132.

CHALEUR *animale* (la) est une espèce de feu qui ne diffère du feu commun que du moins au plus. — Raison pourquoi ce feu ou cette chaleur animale sont sans flamme & sans fumée apparente. *Vol.* VI, 122 *& suiv.*

CHALEUR *concentrée.* La plus violente chaleur, & la plus concentrée pendant un très-long temps, ne peut sans le secours & le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer ni même le sable vitrescible, tandis qu'une chaleur de même espèce & beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires. *Vol.* VII, 117. La chaleur la plus violente dès qu'elle n'est pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment. *Ibid.* 120. Chaleur morte & feu vivant, leur différence. *Ibid.*

CHALEUR *obscure*, c'est-à-dire, chaleur privée de lumière, de flamme & de feu libre; ses effets. *Vol.* VII, 98 *& suiv.* Petite quantité d'alimens qu'elle consume, en comparaison de la très-grande quantité d'alimens que consume le feu libre. — Comparaison des effets de la chaleur obscure avec les effets du feu lumineux. *Ibid.* 109 *& suiv.* En augmentant la masse de la chaleur obscure, on peut produire de la lumière, de la même manière qu'en augmentant la masse de la lumière on produit de la chaleur. *Ibid.* 121 *&* 122.

CHARBON. Il ne se dégage que peu ou point d'air du charbon dans sa combustion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien séché. *Vol.* VII, 108. Expérience sur la diminution de son volume & de sa masse dans un grand fourneau clos, où l'air n'a point d'accès. *Ibid.* 115.

CHAUFFER *& refroidir.* Il faut environ la sixième partie & demie du temps pour chauffer à blanc les globes de fer, de ce qu'il en faut pour les refroidir au point de pouvoir les tenir dans la main, & environ la quinzième partie & demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle. *Vol.* VI, 225.

CHAUX (la) faite avec des coquilles, est plus foible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure. — Explication des différens phénomènes que présente la calcination de la chaux. *Vol.* VI, 149 *&* 150. La chaux qui a subi une longue calcination, contient une plus grande partie d'alkali. *Ibid.* 158. Moyen facile de faire de la chaux à moindres frais. *Vol.* VII, 123. Différence de la chaux faite à un feu lent,

ou simplement avec la chaleur obscure, & de la chaux faite à la manière ordinaire. *Vol.* VII, 125.

CHIMIE. Défauts de sa théorie. *Vol.* VI, 77. D'où provient l'obscurité de cette science. *Ibid.* 105 *& suiv.*

COMBUSTIBLES. Les matières combustibles ne se consument pas dans des vaisseaux bien clos, quoiqu'exposées à l'action du plus grand feu. *Vol.* VI, 53. On peut mesurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu consume les matières combustibles, par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit. *Ibid.* 56. Matières combustibles qui paroissent n'avoir pas besoin d'air pour se consumer. *Ibid.* 58. Explication de la manière dont se fait la combustion de ces matières. *Ibid.* Différences des matières combustibles & non combustibles. *Ibid.* Rapport des matières combustibles avec le feu. *Ibid.* 60 *& suiv.* Différence essentielle entre les matières volatiles & les matières fixes, & entre les substances plus ou moins combustibles. *Ibid.* 61. Toutes les matières combustibles viennent originairement des animaux ou des végétaux ; preuve de cette assertion. *Ibid.* 64 *& suiv.*

COMBUSTION. Explication de la manière dont s'opère la combustion. *Vol.* VI, 56 *& suiv.* Ce qu'elle suppose de plus que la volatilisation. *Ibid.* 58. Ses effets comparés à ceux de la calcination. *Ibid.* 99. La combustion & la calcination sont des effets du même ordre. *Ibid.*

COMÈTES. Correction à faire à l'estime que Newton a faite de la chaleur que le Soleil a communiquée à la comète de 1680. *Vol.* VI,

225. Cette comète n'a pu recevoir le degré de chaleur assigné par Newton, il auroit fallu pour cela qu'elle eût séjourné pendant un très-long temps dans le point de son périhélie. *Vol.* VI, 228. Explication de l'origine de ce que l'on appelle les queues des comètes. *Ibid.* 234. Lorsque les comètes approchent du Soleil, elles ne reçoivent pas une chaleur immense, ni très-long temps durable; leur séjour est si court dans le voisinage de cet astre, que leur masse n'a pas le temps de s'échauffer, il n'y a guère que la partie de la surface exposée au Soleil qui soit brûlée par cet instant de grande chaleur. *Ibid.* 233 & 234.

CONGÉLATION (la) paroît présenter d'une manière inverse les mêmes phénomènes que l'inflammation. *Vol.* VI, 145.

COQUILLAGES, (les) ont produit toute la matière calcaire qui existe sur le globe terrestre. *Vol.* VI, 146 & 147.

COQUILLES. Accroissement & multiplication des coquilles. *Vol.* VI, 147.

CORPS. Un corps dur & absolument inflexible, seroit nécessairement immobile, c'est-à-dire, incapable de recevoir ou de communiquer le mouvement. *Vol.* VI, 2. Les corps s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus vîte qu'ils sont plus fluides & d'autant plus lentement qu'ils sont plus solides. *Ibid.* 241.

COUCHES *de la terre.* Les couches voisines de la surface du globe sont les seules qui étant exposées à l'action des causes extérieures, ont subi toutes les modifications que ces causes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire

par leur action combinée, c'eſt-à-dire, toutes les formes des ſubſtances minérales. *Vol.* VI, 51.

COULEURS *en général.* Moyens de les produire. *Vol.* VII, 309. Chaque couleur différente a un degré différent de réfrangibilité. — Pourquoi les dénominations de toutes les couleurs doivent être réduites à ſept, ni plus ni moins. *Ibid.* 310 *& ſuiv.* Le rapport entre les ſept eſpaces qui contiennent les couleurs primitives & les ſept intervalles des ſept tons de la Muſique, n'eſt qu'une proportion de haſard dont on ne doit tirer aucune conſéquence. *Ibid.* 313. Elles ſont produites par la réflexion de la lumière, auſſi-bien que par la réfraction. *Ibid.* 315 *& ſuiv.*

COULEURS, (les) odeurs, ſaveurs, proviennent toutes de l'élément du feu; preuves de cette aſſertion. *Vol.* VI, 157 *&* 158.

COULEURS *accidentelles.* Découverte des couleurs accidentelles. *Vol.* VII, 319 *& ſuiv.* Rapports & différence des couleurs naturelles & accidentelles. *Ibid.* 319 *& ſuiv.* Moyen de les produire, & expoſition des phénomènes qu'elles préſentent. *Ibid.* Expériences ſur les couleurs accidentelles faites ſur des couleurs naturelles mattes, & ſur des couleurs naturelles brillantes. *Ibid.* 323 *&* 324. Les taches que l'œil porte ſur tous les objets après avoir regardé le Soleil, ſont des phénomènes du même genre que ceux des couleurs accidentelles. — Il en eſt de même des flammes & des points noirs que l'on voit lorſque l'organe de l'œil eſt trop fatigué. *Ibid.* 324 *& ſuiv.* Autres expériences ſur les couleurs accidentelles. *Ibid.* 325 *& ſuiv.*

CRISTALLISATION. Explication générale des phénomènes de la cristallisation. *Vol.* VI, 166 *& suiv.* Elle peut se faire par l'intermède du feu aussi-bien que par celui de l'eau & quelquefois par le concours des deux. *Ibid.*

CUIVRE (le) s'échauffe & se refroidit en moins de temps que le fer & plus lentement que le plomb. *Vol.* VI, 247.

CUVE. C'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité des grands fourneaux où l'on fond les mines de fer; cet endroit se trouve ordinairement à un quart ou à un tiers de la hauteur du fourneau prise depuis le bas, c'est-à-dire, à deux tiers ou trois quarts depuis le dessus du fourneau. *Vol.* VII, 99.

D

DÉCHET (le) du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, & souvent de plus d'un tiers si l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité, & le déchet du fer fait avec des vieilles ferrailles n'est pas de moitié, c'est-à-dire, d'un sixième. *Vol.* VII, 78.

DÉCOMPOSITION *du fer.* Deux manières différentes dont s'opère la décomposition du fer, leur comparaison. *Vol.* VII, 94 *& 95.*

DENSITÉ. Explication & développement de l'idée qu'on doit se former des causes de la densité. *Vol.* VI, 408. Matière dense : on peut démontrer que la matière la plus dense contient encore plus de vuide que de plein. *Ibid.* 409.

DÉVELOPPEMENT. Explication du développement & de la nutrition des animaux & des végétaux. *Vol.* VI, 152 *& 153.*

DIAMANT. C'eſt mal-à-propos qu'on a donné le diamant pour la terre pure & élémentaire. *Vol.* VI, 169.

DILATATION (la) par la chaleur, eſt générale dans tous les corps. — La dilatation eſt le premier degré pour arriver à la fuſion. *Vol.* VI, 59.

DISSOLUTION. Toutes les explications que l'on donne de la diſſolution, ne peuvent ſe ſoutenir, ſi l'on n'admet pas deux forces oppoſées, l'une attractive & l'autre expanſive, & par conſéquent la préſence des élémens de l'air & du feu, qui ſont ſeuls doués de cette ſeconde force. Explication générale de la manière dont s'opère la diſſolution. *Vol.* VI, 160 *&* 161.

DUCTILITÉ (la) des métaux paroît avoir autant de rapport à la denſité qu'à la fuſibilité, & cette qualité ſemble être en raiſon compoſée des deux autres. *Vol.* VI, 410. Difficulté de prononcer affirmativement ſur le plus ou moins de ductilité des ſubſtances minérales. *Ibid. & ſuiv.*

DURÉE (la) de la chaleur n'eſt pas en raiſon plus petite, mais plutôt en raiſon plus grande que celle des diamètres ou des épaiſſeurs des corps. *Vol.* VI, 220.

E

EAU (l') a comme toutes les autres matières du globe, un grand degré de chaleur qui lui appartient en propre, & qui eſt indépendante de celle du Soleil. *Volume* VI, 49. Elle eſt auſſi chaude à 100 & 200 braſſes de profondeur dans la mer qu'elle l'eſt à la ſurface. *Vol.*

VI, 49. Il suffit de faire chauffer de l'eau ou de la faire geler, pour que l'air qu'elle contient reprenne son élasticité & s'élève en bulles sensibles à sa surface. *Ibid.* 137. L'eau, soit gelée, soit bouillie, reprend l'air qu'elle avoit perdu dès qu'elle se liquéfie ou qu'elle se refroidit. *Ibid.* 138. Étant prise en masse est incompressible, & néanmoins très-élastique, dès qu'elle est en petites parties. *Ibid.* 139. Elle peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeur. *Ibid.* 140. Sa transformation en matière solide par le filtre animal. *Ibid.* 146. Elle s'unit de préférence avec l'air & ensuite avec les sels, & c'est par leur moyen qu'elle entre dans la composition des minéraux. *Ibid.* 154. La durée de la chaleur dans l'eau, est plus exactement proportionnelle à son épaisseur que dans les corps solides; raison de cet effet. *Vol.* VI, 221.

ÉCROUISSEMENT. Considération de l'écrouissement des métaux; le fer s'écrouit comme tous les autres. *Vol.* VI, 411.

EFFERVESCENCE. Le degré de division de la matière dans les effervescences est fort au-dessus de celui de la division de la matière dans les cristallisations. *Vol.* VI, 168.

EFFET *général.* Pourquoi on ne peut pas en donner la cause; les effets généraux de la Nature doivent être pris pour les vraies causes. *Vol.* VI, 8.

ÉLÉMENS. Tous les élémens sont convertibles; le feu, l'air, l'eau & la terre peuvent chacun devenir successivement chaque autre; preuve de cette assertion. *Vol.* VI, 23 *& suiv.* La terre,

l'eau, l'air & le feu, entrent tous quatre dans tous les corps de la Nature, mais en proportion très-différente. *Vol.* VI, 60. Dans l'ordre de la conversion des élémens, l'eau est pour l'air ce que l'air est pour le feu, & toutes les transformations de la Nature, dépendent de celles-ci. — L'eau raréfiée par la chaleur, se transforme en une espèce d'air capable d'alimenter le feu comme l'air ordinaire, & le feu se convertit ultérieurement avec l'air en matière fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumière. *Ibid.* 143 & 144. Grandes bases sur lesquelles sont fondés les quatre élémens, la terre, l'eau, l'air & le feu. *Ibid.* 168.

ÉMÉRIL (l') quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve sa chaleur une fois plus long-temps. *Vol.* VI, 412.

ÉTAIN (l') exige pour se fondre plus du double de chaleur de ce qu'il en faut pour fondre le soufre. *Vol.* VI, 249. L'étain est de tous les métaux celui qui se dilate le plus promptement, & qui se fond aussi le plus vîte. *Ibid.* 410.

ÉTAMAGE (l') fait avec de l'or & du mercure, pourroit réfléchir plus puissamment la lumière que l'étamage ordinaire. *Vol.* VII, 216 & 217.

ÉVAPORATION. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur, ne s'évaporera pas aussi vîte que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur, & augmentée du double en superficie. Ainsi pour accélérer l'évaporation, il faut diminuer, autant qu'il est possible, l'épaisseur du liquide. *Vol.* VII, 221.

EXPÉRIENCES. Précision rigoureuse, presque impossible dans certaines expériences. *Vol.* VI, 405. Expériences en grand, pour reconnoître la force du fer de différentes qualités. *Vol.* VII, 61 *& suiv.*

F

FER. A chaque fois que l'on chauffe le fer, il perd une partie de son poids. *Vol.* VI, 212. Proportion de cette perte trouvée par les expériences. *Ibid. & suivantes.* Cette perte va en augmentant à mesure que les boulets de fer sont plus gros; raisons de cet effet. *Ibid.* 214. Le fer qui de tous les métaux est celui qui se fond le plus difficilement, est aussi celui qui se dilate le plus lentement. *Ibid.* 410. Le fer entièrement & intimément rouillé n'est plus attirable par l'aimant. *Vol.* VII, 8. Il perd non-seulement de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe, mais il perd aussi de sa solidité, c'est-à-dire, de la cohérence de ses parties, il devient à chaque chaude plus léger & plus cassant. *Vol.* VII, 58. Comment il faut traiter le fer pour lui conserver sa masse & sa solidité. *Ibid.* 60. Le bon fer, c'est-à-dire, le fer qui est presque tout nerf, est cinq fois aussi tenace & aussi fort que le fer sans nerf & à gros grains; preuve par l'expérience. *Ibid.* 66. Sa qualité ne dépend pas en entier, à beaucoup près, de celle de la mine; la nature des mines n'y fait rien, c'est la manière de les traiter qui fait tout. *Ibid.* 67. Moyens d'arriver au point de donner au fer toute sa perfection. *Ibid.* Le fer chauffé trop souvent dégénère en mâchefer. *Ibid.* Il est,

comme le bois une matière combustible à laquelle il ne faut qu'un plus grand feu pour brûler. *Vol.* VII, 69 *&* 70. Comment on procure au fer de la consistance & de la ténacité. *Ibid.* 71. Plus on presse le feu dans la fabrication du fer à l'affinerie, & plus il devient aigre & mauvais. *Ibid.* 73. Le fer en bandes plates est toujours plus nerveux que le fer en barreaux. *Ibid.* 74. D'où provient le nerf du fer, & la différence de sa force & de sa cohérence; effets de la malléation. *Ibid.* 75. Une des plus mauvaises pratiques, dans la fabrication du fer, est de tremper dans l'eau, sur-tout dans l'eau froide, les barres de fer encore rouges au sortir de dessous le marteau; cette trempe perd le nerf & gâte le grain du meilleur fer. *Ibid.* 77. Les écailles ou exfoliations qui se détachent de la surface du fer, donnent de très-bons fers. *Ibid.* 80. Indices par lesquels on doit juger les différentes qualités du fer. *Vol.* VII, 85. Les fers sans nerfs & à très-gros grains devroient être proscrits. *Ibid.* Le feu du charbon de bois, & à plus forte raison celui du charbon de terre donnent de l'aigre au fer, ce que ne fait pas le feu de bois qui pourroit l'améliorer & le rendre moins aigre. *Ibid.* 88. Le fer s'aimante par la percussion, & aussi par la torsion sans percussion lorsqu'on le plie plusieurs fois de suite en différens sens. *Ibid.* 91. Il se soude avec lui-même; précautions nécessaires au succès de cette opération. *Ibid.* 92 *&* 93. Il se décompose par l'humidité comme par le feu. *Ibid.* 94. Se conserve sans altération dans l'eau beaucoup plus long-temps qu'à l'air. *Ibid.* Énumération des principaux usages auxquels on emploie le fer, & proportion de la qualité

qualité qu'on doit lui donner pour chacun de ces usages. *Vol.* VII, 85 *& suiv.*

FERS *de charrue*, (les) doivent être fabriqués avec du fer de la meilleure qualité, & si cela étoit on pourroit se passer de les armer d'acier, ainsi que les pioches & autres instrumens nécessaires à la culture des terres. *Vol.* VII, 88 *& suiv.*

FERS *de tirerie.* Comment doivent être fabriqués les fers de tirerie pour faire le fil-de-fer. *Vol.* VII, 74 *& suiv.*

FER *de vieilles ferrailles.* Manière de travailler & de fabriquer ce fer. *Vol.* VII, 77. C'est un fer de très-bonne qualité. *Ibid.*

FEU. Moyens généraux & particuliers de produire le feu. *Vol.* VI, 11. Origine & production du feu, de la chaleur & de la lumière. *Ibid.* 14. Le feu, la chaleur & la lumière peuvent être regardés comme trois choses différentes; examen de leurs propriétés différentes & de leurs propriétés communes. *Ibid.* 25 *& suiv.* Il existe quelquefois sans lumière, mais n'existe jamais sans chaleur. *Ibid.* A besoin d'alimens pour subsister, & son premier aliment est l'air. *Ibid.* 52. La différence la plus générale entre le feu, la chaleur & la lumière paroît consister dans la quantité & peut-être dans la qualité de leurs alimens. — L'air est le premier aliment du feu, les matières combustibles ne sont que le second. *Ibid.* La chaleur propre du globe terrestre doit être regardée comme notre vrai feu élémentaire. *Ibid.* 63 *&* 64. L'action du feu sur les différentes substances, dépend beaucoup de la manière dont on l'applique; le produit de son action

sur une même substance, paroîtra différent selon la façon dont il est administré. — Le feu doit être considéré en trois états différens, le premier relatif à sa vîtesse, le second à son volume, & le troisième à sa masse. *Vol.* VI, 71. Trois moyens généraux d'augmenter l'action du feu. — Chacun de ces moyens donne souvent des produits différens. *Ibid.* 72 *&* 73. On peut augmenter l'action du feu en accélérant sa vîtesse, en augmentant son volume, & en augmentant sa masse & sa densité. Les instrumens du premier moyen sont tous les fourneaux où l'on se sert de ventilateurs, de soufflets, de trompes, de tuyaux d'aspiration, &c. les instrumens du second moyen, sont tous les fourneaux de réverbères; & ceux du troisième moyen, sont les miroirs ardens; chacun de ces moyens employés sur les mêmes matières donnent souvent des résultats très-différens. *Ibid.* L'administration du feu doit se diviser en trois procédés généraux, le premier relatif à la vîtesse, le second au volume, & le troisième à la masse de cet élément. — Les matières qu'on soumet à l'action du feu, doivent être divisées dans trois classes, celles qui perdent au feu de leur poids, celles qui au lieu de perdre du poids en acquièrent, & celles qui ne perdent ni n'acquièrent rien. *Ibid.* 75 *& suiv.* Le feu est réellement pesant comme toute autre matière. *Ibid.* 79 *& suiv.* Matières avec lesquelles le feu a le plus d'affinité. *Ibid.* Le feu se trouve comme l'air sous une forme fixe & concrète dans presque tous les corps. *Ibid.* Matières indifférentes à l'action du feu. *Ibid.* 82. C'est par la lumière que le feu se communique, & la chaleur seule ne peut produire le même effet que quand

elle devient assez forte pour être lumineuse. *Vol.* VI, 95.

FLAMME (la) n'est pas la partie du feu où l'intensité de la chaleur est la plus grande. *Vol.* VI, 91. Sa principale propriété est de communiquer le feu. *Ibid.* Il y a de la flamme dans toute incandescence. *Ibid.* 93. Celle-ci n'obéit point à l'impulsion de l'air. *Ibid.* 94.

FLUIDE. Le mercure seroit le plus fluide des corps si l'air ne l'étoit encore plus. *Vol.* VI, 53. Tous les fluides, avec la même chaleur, quelque denses qu'ils soient, s'échauffent & se refroidissent plus promptement qu'aucun solide quelque léger qu'il soit. *Ibid.* 240.

FUIDITÉ. Toute fluidité a la chaleur pour cause. *Vol.* VI, 53. La plus ou moins grande fluidité n'indique pas que les parties du fluide soient plus ou moins pesantes, mais seulement que leur adhérence est d'autant moindre, leur union d'autant moins intime & leur séparation d'autant plus aisée. *Ibid.* 54. Moyen facile d'estimer le degré de fluidité ou de fusibilité de chaque matière différente. *Vol.* VI, 243.

FONTE *de fer.* Moyens de corriger à l'affinerie la mauvaise qualité de la fonte de fer. *Vol.* VII, 73. La bonne fonte de fer est la base de tout bon fer. *Ibid.* 76. Étant chauffée à un très-grand feu pendant long-temps, acquiert plus de dureté & de ténacité. *Ibid.* 137. Elle acquiert aussi plus de pesanteur spécifique. *Ibid.*

FORCE (la) qui produit la pesanteur & celle qui produit la chaleur, sont les deux seules forces de la Nature. *Vol.* VI, 1 *& suiv.* Force attractive

& force expansive; leur différence & la combinaison de leurs effets. *Vol.* VI, 6 *& suiv.* Réduction des forces de la Nature & de la puissance de l'expansion à celle de l'attraction. *Ibid.* 9. Force expansive, n'est point une force particulière opposée à la force attractive, mais un effet qui en dérive, & qui se manifeste toutes les fois que les corps se choquent ou se frottent les uns contre les autres. *Ibid.* Force expansive, n'est que la réaction de la force attractive. *Ibid.* 11. La force attractive & la force expansive, sont pour la Nature deux instrumens de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés. *Ibid.* 20.

FOURNEAUX. Le feu des fourneaux de verrerie, n'est qu'un feu foible en comparaison de celui des fourneaux à soufflets. *Vol.* VI, 90. Description du fourneau pour courber des glaces, avec l'explication des figures. *Vol.* VII, 293 *& suiv.*

FOYERS. Dans les miroirs ardens, les grands foyers sont toujours beaucoup plus d'effet que les petits à égale intensité de lumière. *Vol.* VII, 156. Evaluation & comparaison de leurs effets. *Ibid.* 203 *& suiv.*

FUSIBILITÉ. Explication des causes de la fusibilité. *Vol.* VI, 409.

FUSION (la) est en général une opération prompte qui a plus de rapport avec la vîtesse du feu que la calcination qui est presque toujours lente. *Vol.* VII, 111.

G

GLACE. Phénomènes remarquables dans la congélation. *Vol.* VI, 145.

GLACES *ou* MIROIRS (les) de verre bien polis ou bien étamés, réfléchissent plus puissamment la lumière que les miroirs de métal poli. *Vol.* VII, *page* 144.

GLACES *ou miroirs plans.* Manière aisée de reconnoître si la surface de ces miroirs est parfaitement plane. *Vol.* VII, 162.

GLOBE *terrestre.* L'intérieur du globe de la terre n'est qu'une matière de verre ou concret ou discret. *Vol.* VI, 50.

GRÈS (le) chauffé au plus grand feu ne perd que très-peu de son poids. *Vol.* VI, 236.

GUEULARD. C'est ainsi qu'on appelle l'ouverture du haut des grands fourneaux où l'on fond les mines de fer. *Vol.* VII, 102.

GYPS *&* PLÂTRES (les) se calcinent à un moindre degré de chaleur que les pierres calcaires. *Vol.* VI, 420. Ils ne suivent pas, comme les autres matières calcaires ou vitrescibles, l'ordre de la densité, pour le progrès de la chaleur, mais celui de la facilité à la calcination, ce qui revient à l'ordre de la fusibilité. *Ibid.*

I

IMPÉNÉTRABILITÉ (l') ne doit pas être regardée comme une force, mais comme une résistance essentielle à la matière. *Vol.* VI, 9 *& suiv.*

IMPULSION. La force d'impulsion est subordonnée à la force d'attraction, & en dépend comme un effet particulier dépend d'un effet général; preuve de cette assertion. *Vol.* VI, 2 *& suiv.*

INCANDESCENCE. Toutes les matières, lorsqu'elles sont dans un état d'incandescence, c'est-à-dire, lorsqu'elles sont blanches ou rouges de feu, sont alors environnées d'une flamme dense, qui ne s'étend qu'à une très-petite distance, & qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface. *Vol.* VI, 93 *&* 94. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence & vient frapper nos yeux, est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant incessamment à sa surface. *Ibid.* Incandescence produite par la chaleur obscure. *Vol.* VII, 121.

INFLEXION (l') de la lumière n'est qu'une réfraction qui s'opère dans le même milieu; elle est produite par l'attraction des corps, auprès desquels passe la lumière. *Vol.* VI, 314.

INTENSITÉ *de lumière.* Cette intensité de la lumière de chaque objet, est un élément que les Auteurs qui ont écrit sur l'Optique, n'ont point employé, & qui néanmoins fait plus que l'augmentation de l'angle sous lequel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres. *Vol.* VII, 192.

L

LENTILLES *de verre solide. Vol.* VII, 282. Grandeur & proportion qu'on doit donner aux lentilles, pour qu'elles puissent brûler le plus avantageusement. *Vol.* VII, 287 *& suiv.* Inconvéniens qui résultent de l'épaisseur des lentilles ordinaires. La partie du milieu de la lentille ne fait presque aucun effet. *Ibid.* 288.

LENTILLES *à échelons*, est le miroir par réfraction le plus parfait qu'on puisse faire. Son invention

& sa description, avec le calcul de ses effets. *Vol.* VII, 290 *& suiv.* Comparaison des effets de cette lentille à échelons, avec l'effet des lentilles ordinaires. *Ibid.* 292. Sa construction & sa description. *Ibid.* 307 *&* 308.

LIGNE brûlante à l'infini ou à l'indéfini, n'est pas une rêverie comme l'a dit *Descartes*. *Vol.* VII, 188 *& suiv.*

LIMAILLE (la) de fer mêlée avec de l'eau, devient une masse solide difficile à casser. *Vol.* VII, 96 *&* 97.

LUMIÈRE. Toute matière peut devenir lumière, chaleur & feu. *Vol.* VI, 14. Preuve de cette assertion. *Ibid. & suiv.* Elle conserve toutes les qualités essentielles, & même la plupart des attributs de la matière commune. *Ibid.* Quoique composée de parties presque infiniment petites, est encore réellement divisible. *Ibid.* 15. Est pesante comme toute autre matière. — Sa substance n'est pas simple. — Elle est composée de parties de différentes pesanteurs. *Ibid.* Elle est massive & agit dans quelques cas, comme agissent tous les autres corps, elle les pousse & déplace au foyer du miroir ardent. *Ibid.* 17 *&* 18, *& suiv.* La lumière est mixte, & composée comme la matière commune de parties plus grosses & plus petites, & différemment figurées. *Ibid.* 19. Les atomes qui composent la lumière ont plusieurs faces & plusieurs angles. *Ibid.* La lumière peut se convertir en toute autre matière. *Ibid.* 23. La lumière paroît exister souvent sans chaleur. *Ibid.* 25. Expériences à faire, pour reconnoître si les rayons rouges ne sont pas plus chauds que les autres rayons, & en général pour reconnoître

la proportion de chaleur des différens rayons qui composent la lumière. *Vol.* VI, 41, *Note.* La lumière s'incorpore, s'amortit & s'éteint dans tous les corps qui ne la réfléchissent pas, ou qui ne la laissent pas passer librement. *Ibid.* 42. Elle paroît n'avoir pas besoin d'alimens, tandis que le feu ne peut subsister qu'en absorbant de l'air. *Ibid.* 51 & 52. C'est par la lumière que le feu se communique. *Ibid.* 95. Expérience qui paroît démontrer que la lumière a plus d'affinité avec les substances combustibles, qu'avec toutes les autres matières. *Ibid.* 130, *Note.* La lumière ne perd qu'environ moitié de sa chaleur par une glace bien étamée & bien polie. *Vol.* VII, 144. Elle ne perd presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle traverse. *Ibid.* 145. Expérience de la perte de la lumière d'une bougie, comparée à la perte de la lumière du Soleil. *Ibid.* Diminution de la lumière en traversant différentes épaisseurs du même verre, & les mêmes épaisseurs de différens verres; expériences à ce sujet. *Ibid.* 242 & 243.

LUNE. Il se peut que la Lune, quoique fort lumineuse, nous envoie plutôt du froid que de la chaleur. *Vol.* VII, 270 & 271.

LUNETTES. Pour observer avec le plus grand avantage possible, il faudroit pour chaque planète une lunette différente, & proportionnée à leur intensité de lumière. *Vol.* VII, 191 *& suiv.* Les lunettes avec de très-grands objectifs, seroient fort avantageuses pour observer les planètes & autres astres qui n'ont que peu de lumière. *Ibid.* 249. Construction & avantages des lunettes solaires. *Ibid.* 250.

LUNETTES *achromatiques*, dans lesquelles on compense la différente réfrangibilité des rayons de la lumière par des verres de différentes densités. Moyens de les perfectionner. *Vol.* VII, 186 *& suiv.*

LUNETTES *de jour*, sans aucun verre. *Vol.* VII, *page* 261.

LUNETTES *massives*. — Lunettes à l'eau, &c. *Vol.* VII, 240 *& suiv.*

LUNETTES *de nuit*. *Vol.* VII, 252 *& suiv.*

LUNETTES pour chaque planète. *Ibid.*

LUNETTES pour le Soleil. *Ibid.*

M

MÂCHEFER. Lorsqu'on broye le mâchefer, il fournit une certaine quantité de fer ou de sablon ferrugineux, tout semblable à celui de la platine. *Vol.* VII, 11. Le charbon & le bois brûlé en grande quantité produisent du mâchefer; preuve de cette assertion. *Ibid.* 68. Celui qu'on trouve dans les forêts; son origine. *Ibid.* 69.

MAGNÉTISME *du fer* (le) suppose l'action précédente du feu. *Vol.* VII, 96.

MATIÈRE *brute* & matière vive, leur différence. *Vol.* VI, 5. Toutes les parties constitutives de la matière sont à ressort parfait. *Ibid.* 10. Comment toute matière peut devenir lumière, chaleur & feu; explication de cette grande opération de la Nature. *Ibid.* 23 *& suiv.*

MATIÈRES *calcaires* (les) suivent dans leur refroidissement l'ordre de la densité, raison de cet effet. *Vol.* VI, 419. Elles peuvent se réduire en verre

au foyer d'un bon miroir ardent. — Le terme de leur fusibilité est encore plus éloigné que celui des matières vitrescibles. *Vol.* VI, 419 *& suivantes.*

MATIÈRES *vitrifiables* (les) forment le noyau des plus hautes montagnes. *Vol.* VI, 174.

MERCURE. On pourroit geler & figer le mercure à un bien moindre degré de froid, si on le sublimoit en vapeurs dans un air très-froid. *Vol.* VI, 146, *&* *Vol.* VII, 233. Dans le mercure, qui est onze mille fois plus dense que l'air, il ne faut, pour refroidir les corps qu'on y plonge, qu'environ neuf fois autant de temps de ce qu'il en faut pour produire le même effet dans l'air. *Vol.* VI, 224.

MÉTAUX. Explication simple de leur réduction ou revivification. *Vol.* VI, 104. L'ordre des six métaux, suivant leur densité est, étain, fer, cuivre, argent, plomb, or; & l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent & perdent la chaleur est, étain, plomb, argent, or, cuivre, fer. — Ce n'est point dans l'ordre de leur densité, mais dans celui de leur fusibilité que les métaux reçoivent & perdent la chaleur. *Ibid.* 406. *& suiv.*

MÉTAUX, *demi-métaux* ou substances métalliques; l'ordre de leur densité est, émeril, zinc, antimoine, bismuth; & celui dans lequel ils perdent & reçoivent la chaleur est, antimoine, bismuth, zinc, émeril, ce qui ne suit pas l'ordre de leur densité, mais plutôt celui de leur fusibilité. *Vol.* VI, 412.

MINÉRAUX. L'air & le feu entrent dans la composition des minéraux; preuve de cette

assertion. *Vol.* VI, 154 *& suiv.* Point de vue auquel on doit s'élever pour se former une idée juste de la formation des minéraux. *Ibid.* 172 *& suiv.* Établissement d'une théorie générale sur la formation des minéraux. *Ibid.* 174 *& suiv.*

MINES *artificielles*. Expériences sur la mine de fer, faites au plus grand feu de réverbère. *Vol.* VI, 89 *& suiv.* Il y a des mines de fer formées par le feu, les autres par l'eau. *Ibid.* 176. Celles qui sont en grain ne sont point attirables par l'aimant. — Celles qui sont en roches ou en grandes masses solides, sont presque toutes magnétiques; raison de cette différence. *Vol.* VII, 9 *& suiv.* Les mines de fer des pays du nord sont assez magnétiques pour qu'on les cherche à la bousole. *Ibid.* 10. Composition originaire des mines de fer en grain. *Ibid.* 96.

MIROIR *ardent pour brûler au loin*. Sa description & sa construction. *Vol.* VII, 160 *& suiv.* On a enflammé du bois jusqu'à deux cents pieds de distance, & il seroit très-possible de porter le feu du Soleil encore plus loin avec ce miroir. *Ibid.* 167. On a fondu tous les métaux & minéraux métalliques à vingt-cinq, trente & quarante pieds de distance. *Ibid.* Estimation de sa puissance & limites de ses effets. *Ibid.* 173. *& suiv.* En quoi consiste essentiellement la théorie de ce miroir. *Ibid.* 195 *& suiv.* Moyens & précautions pour rendre ce miroir encore plus parfait & en augmenter considérablement les effets. *Ibid.* 215. Proportion de la grandeur des miroirs, suivant les différentes distances auxquelles on veut brûler *Ibid.* 216.

MIROIR *du port d'Alexandrie*, dont les Anciens

ont fait mention & par le moyen duquel on voyoit de très-loin les vaisseaux en mer, n'est point du tout impossible. *Vol.* VII, 256 *& suiv.*

MIROIR *courbé* par la pression de l'atmosphère. Sa construction & sa description. *Vol.* VII, 302 *&* 303.

MIROIRS *ardens.* Le feu produit par de bons miroirs ardens, est le plus violent de tous les feux. *Vol.* VI, 90. Pourquoi des miroirs plans plus grands ou plus petits, forment, à une certaine distance, des images également grandes & qui ne diffèrent que par l'intensité de la lumière. *Vol.* VII, 150.

MIROIRS *ardens*, soit par réflexion, soit par réfraction font un effet toujours égal à quelque distance du Soleil qu'on puisse supposer. Par exemple, un miroir qui peut brûler du bois à cent cinquante pieds de distance sur le globe de la terre, brûleroit de même à cent cinquante pieds, & avec autant de force, du bois sur la planète de Saturne. *Vol.* VII, 192.

MIROIRS *d'Archimède* (les) peuvent servir très-utilement pour l'évaporation des eaux salées. *Vol.* VII, 219. Attentions nécessaires pour procurer cet effet avec le plus grand avantage. *Ibid.* 221. Ils peuvent servir utilement pour calciner les plâtres, les matières gypseuses, &c. *Ibid.* 222. On peut par leur moyen recueillir les parties volatiles de l'or & de l'argent, & des autres métaux & minéraux. *Ibid.* 230. Ce moyen paroît être le seul que nous ayons pour volatiliser les métaux fixes, tels que l'or & l'argent. *Ibid.* 231. Représentation & description de ce miroir. *Ibid.* 297 *& suiv.*

MIROIRS *concaves*, faits par des glaces courbées. *Vol.* VII, 268. Leur usage. *Ibid.* 271. Manière de produire une chaleur immense à leur foyer en les réunissant. *Ibid.* 272 *&* 273.

MIROIRS *courbés* (les) de quelque espèce qu'ils soient, ne peuvent être employés avec avantage pour brûler de loin. *Vol.* VII, 151. Le miroir le plus parfait n'aura jamais l'avantage que de dix-sept à dix sur un assemblage de miroirs plans, dès qu'il faudra brûler à une distance où le disque du Soleil sera égal à la grandeur du miroir plan. *Ibid.* 198.

MIROIRS *courbés* par le moyen d'une vis au centre, *Vol.* VII, 263. Construction & description de ces miroirs. *Ibid.* 301 *&* 302.

MIROIRS *courbés* par le moyen d'une pompe. *Vol* VII, 264. Et miroir très-singulier que le Soleil rend courbe & brûlant au moment qu'il y est exposé. *Ibid.* 265. Leur construction & leur description. *Ibid.* 304 *& suiv.*

MIROIRS *d'une seule pièce*, à foyer mobile pour brûler à de médiocres distances; construction & usage de cette espèce de miroirs. *Vol.* VII, 262 *& suiv.* Ils peuvent servir à mesurer plus exactement que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du Soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands. *Ibid.* 265. Autres miroirs d'une seule pièce pour brûler très-vivement à des distances médiocres & à de petites distances. *Ibid.* 266. Construction d'un fourneau pour courber des glaces. *Ibid.* 267.

MIROIRS *à l'eau* ou *Lentilles*. Manière de les construire. *Vol.* VII, 273. Précautions nécessaires

pour les faire réussir. *Vol.* VII, 273. Difficulté de les traiter. *Ibid.* 274. Inconvénient qui résulte de la différente réfrangibilité du verre & de l'eau. *Ibid.* 275. Étant composés d'un grand nombre de glaces planes, feroient presque autant d'effet que les glaces courbées, & seroient d'une exécution plus facile, & d'une moindre dépense. *Ibid.* 280. Leur construction & description. *Ibid.* 305 *&* 306.

MOUVEMENT (le) appartient dans tous les cas, encore plus à l'attraction qu'à l'impulsion. *Vol.* VI, 8.

N

NATURE (la) peut produire par le moyen de l'eau, tout ce que nos Arts produisent par le moyen du feu. *Vol.* VI, 163. Elle ne se dépouille jamais de ses propriétés en faveur d'une autre d'une manière absolue, c'est-à-dire, de façon que la première n'influe en rien sur la seconde. *Ibid.* 407.

NEWTON. Correction à faire d'un passage de Newton, au sujet du progrès de la chaleur. *Vol.* VI, 216 *& suiv.*

NITRE (le) doit son origine aux matières animales ou végétales. *Vol.* VI, 68. Contient une prodigieuse quantité d'air & de feu fixes. — Explication de sa combustion. *Ibid. & suiv.*

O

OBJETS. Moyens d'apercevoir sans lunettes les objets de très-loin. *Vol.* VII, 257.

OMBRES. Découverte des ombres colorées. *Vol.* VII, 309 *& suiv.* Ombres colorées au lever & au coucher du Soleil. — Les ombres au lieu d'être noires, sont alors d'un bleu plus ou moins vif, & quelquefois verdâtres. — Ombres colorées à midi & à d'autres heures du jour, à de certaines inclinaisons de la lumière. *Ibid.* 331 *& suiv.* Explication de ce phénomène. *Ibid.* 334.

OR (l') qui est deux fois & demi plus dense que le fer, perd néanmoins sa chaleur un demi-tiers plus vîte. *Vol.* VI, 407. Étant fondu avec un quart de fer, prend la couleur grise de la platine. *Vol.* VII, 13. Cet or mêlé de fer, est plus dur, plus aigre & spécifiquement moins pesant que l'or pur. *Ibid.* Les paillettes d'or que les Arpailleurs ramassent dans les sables, ne sont pas de l'or pur, il s'en faut souvent plus de deux ou trois karats sur vingt-quatre. *Ibid.* 16. Un morceau d'or pesant soixante grains, avec lequel on avoit mêlé, par la fonte, six grains de fer, c'est-à-dire, un onzième étoit attirable à l'aimant. *Ibid.* 18.

P

PERPENDICULARITÉ (la) de la tige des arbres & des plantes, a pour cause principale les émanations constantes de la chaleur propre du globe de la Terre. *Vol.* VI, 48.

PHLOGISTIQUE (le) des Chimistes n'est qu'un être de méthode & non pas de la Nature. *Vol.* VI, 61. Ce n'est point un principe simple, mais un composé d'air & de feu fixés dans les corps; preuve de cette assertion. *Ibid. & suiv.*

PHOSPHORE *artificiel*, sa combustibilité plus grande que celle d'aucune autre matière. — Il s'enflamme de lui-même sans communication d'aucune matière ignée, sans frottement, sans autre addition que celle du contact de l'air. — Le feu est contenu dans le phosphore dans un état moyen entre la fixité & la volatilité. — Il contient en effet cet élément sous une forme obscure & condensée. *Vol.* VI, 70 *&* 71.

PIERRES *calcaires* (les) perdent au feu près de la moitié de leur poids par la calcination. *Vol.* VI, 149 *&* 150. Elles ne sont en très-grande partie que de l'eau & de l'air contenus dans l'eau, transformés par le filtre animal en matière solide. *Ibid.* 149. Les pierres augmentent de pesanteur par la longue application de la chaleur. *Vol.* VII, 126 *& suiv.* La dureté que les pierres calcaires peuvent acquérir par la longue application de la chaleur n'est pas durable, elles perdent cette dureté acquise au bout de quelque temps. *Ibid.* 134. Elles perdent de même leur pesanteur acquise. *Ibid.* 135.

PLATINE. Minéral nouveau, sa description. *Vol.* VII, 2. Elle exige plus de chaleur pour se fondre que la mine ou la limaille de fer. *Ibid.* N'ayant ni fusibilité, ni ductilité, elle ne doit pas être mise au nombre des métaux, dont les propriétés essentielles sont la fusibilité & la ductilité. *Ibid.* 4. La platine est un mélange ou un alliage de fer & d'or formé par la Nature. *Ibid.* Il y a beaucoup de fer dans ce minéral, & ce fer n'y est pas simplement mêlé, mais incorporé de la manière la plus intime. *Ibid.* 5. On peut en enlever six septièmes du total par l'aimant. *Ibid.*

Sa compoſition & ſon mélange. *Vol.* VII, 5 *& ſuiv.* Le fer qui eſt uni à la platine & même celui qui n'y eſt que mélangé, eſt dans un état différent de celui du fer ordinaire. *Ibid.* 7. Ce minéral eſt très-aigre, ce qui auroit dû faire ſoupçonner que ce n'eſt point un métal, mais un alliage. *Ibid.* 13 *& ſuiv.* La peſanteur ſpécifique de la platine n'eſt pas à beaucoup près auſſi grande que celle de l'or. — Diverſes expériences à ce ſujet, deſquelles il réſulte que la peſanteur ſpécifique de la platine eſt d'un douzième moindre que celle de l'or. *Ibid.* 13 *& ſuiv.* Expériences de M. le comte de Milly ſur la platine. *Ibid.* 20 *& ſuiv.* Il y a des eſpèces de platine qui ſont mélangées de parties criſtallines comme de petits rubis, de petites topaſes, &c. & il y a d'autres eſpèces de platine qui ne contiennent rien de ſemblable. *Ibid.* 33. Elle contient des grains hémiſphériques qui paroiſſent indiquer qu'elle eſt le produit du feu. *Ibid.* La mine de platine, même la plus pure, qui ne contient point de parties criſtallines, eſt ſouvent mélangée de quelques paillettes d'or. *Ibid.* 34. L'or & le fer dont eſt compoſée la platine y ſont unis d'une manière plus étroite & plus intime que dans l'alliage ordinaire de ces deux métaux, & le fer qui eſt incorporé à la platine, eſt du fer dans un état différent de l'état du fer ordinaire. *Ibid.* 38. Expériences de M. de Morveau ſur ce minéral. *Ibid.* 40 *& ſuiv.* On peut eſpérer de fondre la platine ſans addition dans nos meilleurs fourneaux en lui appliquant le feu pluſieurs fois de ſuite, parce que les meilleurs creuſets ne pourroient réſiſter à l'action d'un feu auſſi violent pendant tout le temps

qu'exigeroit l'opération complète. *Vol.* VII, 53. En la fondant sans addition elle paroît se purger elle-même des matières vitrescibles qu'elle renferme, car il s'élance à sa surface des jets de verre assez considérables. *Ibid.* 53 & 54. On peut faire le bleu de Prusse avec la platine, ce qui prouve qu'elle est intimément mêlée de fer, & que le plus grand feu ni la coupellation ne peuvent détruire ce fer dont elle est intimément pénétrée; car après la fusion on retrouve en rebroyant le bouton, qu'elle contient encore des parties ferrugineuses & magnétiques. *Ibid.* 54. La platine fondue sans addition reprend lorsqu'on la broie, précisément la même forme des galets arrondis & aplatis qu'elle avoit avant la fusion. *Ibid.* 55.

PLOMB (le) s'échauffe plus vîte & se refroidit en moins de temps que le fer. *Vol.* VI, 247.

POUMONS (les) sont les soufflets de la machine animale, ils entretiennent & augmentent le feu qui nous anime, selon qu'ils sont plus ou moins puissans, & que leur mouvement est plus ou moins prompt. *Vol.* VI, 121.

PUISSANCES (les) de la Nature réduites aux deux forces attractive & expansive. *Vol.* VI, 1 & 6.

PYRITES *martiales*, leur origine & pourquoi on les trouve en si grande quantité à la surface de la Terre. *Vol.* VII, 97.

Q

QUALITÉ *Physique*, c'est-à-dire, qualité réelle dans la Nature, ne peut avoir qu'une mesure,

& par conséquent ne peut être représentée que par un terme. *Vol.* VI, 187. Démonstration de cette vérité. *Ibid. & suiv.*

R

RÉDUCTION *des métaux* (la) n'est pas plus difficile à entendre que la précipitation. *Vol.* VI, 104. Elle n'est dans le réel qu'une seconde combustion par laquelle on dégage les parties d'air & de feu fixes que la calcination avoit forcé d'entrer dans le métal & de s'unir à sa substance fixe à laquelle on rend en même temps les parties volatiles & combustibles que la première action du feu lui avoit enlevées. *Ibid.* 134.

RÉFLEXION *de la lumière.* Il n'est pas certain, comme l'a dit Newton, que les rayons les plus réfrangibles soient en même temps les plus réflexibles. Discussion à ce sujet. *Note, Vol.* VII, 315 *& suiv.*

REFROIDISSEMENT. Le temps du refroidissement des corps est en raison de leur diamètre. *Vol.* VI, 36. Deux points à saisir dans le refroidissement des corps; le premier, lorsqu'on commence à pouvoir les toucher sans se brûler; & le second, lorsqu'ils sont refroidis à la température actuelle. *Ibid.* 206. Le refroidissement du globe de la Terre, depuis l'état d'incandescence jusqu'au point de pouvoir le toucher sans se brûler, ne s'est fait qu'en quarante-deux mille neuf cents soixante-quatre ans, & son refroidissement jusqu'à la température actuelle, ne s'est fait qu'en quatre-vingt-seize mille six cents soixante-dix ans, en

supposant le globe principalement composé de fer & de matieres ferrugineuses. *Vol.* VI, 222 & 223. La principale cause du refroidissement n'est pas le contact du milieu ambiant, mais la force expansive qui anime les parties de la chaleur & du feu. *Ibid.* 224. Comparaison du temps du refroidissement des globes de glaise & de grès avec celui du refroidissement des globes de fer. *Ibid.* 234 & *suiv.* Comparaison du temps du refroidissement du marbre, de la pierre, du plomb & de l'étain avec celui du refroidissement du fer. *Ibid.* 238. Rapports du refroidissement des différentes substances minérales constaté par un grand nombre d'expériences. *Ibid.* 249 & *suivantes.*

RÉPULSION. Changement d'attraction en répulsion, comment il s'opère. *Vol.* VI, 10.

RESSORT (le) est le seul moyen par lequel la force d'impulsion & le mouvement puissent se communiquer. *Vol.* VI, 2. Le ressort dépend de la force d'attraction; preuves de cette assertion. *Ibid.* & *suiv.*

RUSTINE. C'est ainsi qu'on appelle le côté du creuset qui est exposé à l'ouverture par où l'on coule la fonte dans les fourneaux de forges. *Vol.* VII, 104.

S

SABLON *ferrugineux* (le) qui se trouve dans la platine, est indissoluble, presque infusible & inaccessible à la rouille. *Vol.* VII, 8. Ce sablon est néanmoins du vrai fer, du fer pur, du fer dépouillé de toutes les parties combustibles, salines & terreuses qui se trouvent dans le fer

ordinaire, & même dans l'acier. *Vol.* VII, 8. Il n'appartient pas exclusivement à la platine, il se trouve en beaucoup d'endroits, & provient du mâchefer. *Ibid. & suivantes.*

SAVEUR (la) piquante des acides provient de l'élément du feu. *Vol.* VI, 158.

SELS. Leur différence avec le soufre, & leur composition. *Vol.* VI, 66 *& suiv.* Ils doivent être regardés comme les substances moyennes entre la terre & l'eau. *Ibid.* 156. L'air entre comme principe dans la composition de tous les sels. *Ibid.*

SENS. Nos sens sont meilleurs juges que les instrumens de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable. *Vol.* VI, 207.

SENSATIONS. Une sensation vive est toujours plus précise qu'une sensation tempérée, attendu que la première nous affecte d'une manière plus forte. *Vol.* VI, 207.

SOLEIL. La lumière du Soleil est l'évaporation de la flamme dense qui environne ce vaste corps en incandescence. *Vol.* VI, 94. Cette lumière du Soleil produit, lorsqu'on la condense, les mêmes effets que la flamme la plus vive, elle communique le feu avec autant de promptitude & d'énergie, elle résiste à l'impulsion de l'air, suit toujours une route directe; on doit la regarder comme une vraie flamme, plus pure & plus dense que toutes les flammes de nos matières combustibles. *Ibid. & suiv.* La plupart des taches que les Astronomes ont observées sur le disque du Soleil, leur ont paru fixes, mais il se pourroit aussi qu'il y eût des taches flottantes à la surface de cet astre. *Vol.* VII, 251.

SOLIDITÉ. Différentes acceptions du mot *solidité*. *Vol.* VI, 241. Solidité considérée comme opposée à la fluidité. *Ibid.* 242.

SOUFRE. Sa composition & sa production. *Vol.* VI, 66 & 67. Le soufre est de la même nature que les autres matières combustibles, & tire de même son origine du détriment des animaux & des végétaux. *Ibid.* 67. Il altère, dissout & même décompose le fer & le dénature, car si l'on présente une verge de fer bien rouge à une bille de soufre, le fer qui coule dans l'instant en grenaille n'est plus du fer, ni même de la fonte, mais une espèce de pyrite martiale qui n'est bonne à rien. *Vol.* VII, 97. Le soufre entre en fusion par une chaleur d'environ 90 degrés (division de Reaumur). *Ibid.* 128.

T

TÔLE (la) doit être faite avec le meilleur fer. — Défauts dans la fabrication ordinaire de la tôle, & manière de la fabriquer pour la rendre plus parfaite & plus durable. *Vol.* VII, 86 *& suiv.*

TERRE. L'élément de la Terre peut se convertir dans les autres élémens. *Vol.* VI, 168. Elément de la Terre, ce sont les matières vitrifiables dont la masse est mille & cent mille fois plus considérable que celle de toutes les autres substances terrestres, qu'on doit regarder comme le vrai fonds de cet élément. *Ibid.* 170 *&* 171.

TERRE *vitrescible* (la) est la vraie terre élémentaire qui sert de base à toutes les autres substances, & en constitue les parties fixes. *Vol.* VI, 152.

THERMOMÈTRE *réel*, c'est-à-dire, thermomètre

dont les degrés pourroient marquer les augmentations réelles de la chaleur, ne peut être construit que par le moyen des miroirs d'Archimède. *Vol.* VII, 170. Explication détaillée de la construction de ce thermomètre. *Ibid.* 226 *& suiv.*

TRANSPARENCE. Cause de la transparence; le poliment dans les corps opaques peut être regardé comme le premier degré de la transparence. *Vol.* VII, 317 *& suiv.*

TUYÈRE. Pièce de cuivre ou de fer qui sert à diriger le vent dans l'intérieur des fourneaux de forges. *Vol.* VII, 102.

TYMPE. C'est ainsi qu'on appelle une pièce de fer ou de pierre qu'on pose sur le creuset du côté de l'ouverture par où l'on coule la matière dans les grands fourneaux à fondre la mine de fer. *Vol.* VII, 100.

V

VAISSEAUX. Moyen fort aisé par lequel on pourroit voir à l'œil simple sans lunettes, les Vaisseaux sur la mer d'aussi loin que la courbure de la Terre le permet, c'est-à-dire, à sept ou huit lieues. *Vol.* VII, 257. Ce moyen consiste à supprimer l'effet de la lumière intermédiaire. *Ibid.*

VÉGÉTAL (le) convertit réellement en sa substance une grande quantité d'air, & une quantité encore plus grande d'eau; la terre fixe qu'il s'approprie & qui sert de base à ces deux élémens, est en si petite quantité, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse. *Vol.* VI, 153. Le filtre végétal ne peut produire qu'une petite quantité de pierres, tandis que le filtre animal en produit une immense quantité. *Ibid.*

VÉGÉTAUX (les) ont un degré de chaleur propre; expérience qui le prouve. *Vol.* VI, 114 *& suiv.*

VERRE (le) eſt le terme ultérieur auquel on peut réduire, par le feu, toutes les ſubſtances terreſtres. — Il eſt la baſe de ces mêmes ſubſtances. *Vol.* VI, 152. Il eſt de la ſubſtance la plus ancienne de la Terre. *Ibid.* 171. Le verre fait reſſort, & peut plier juſqu'à un certain point ſans rompre. Une glace de deux ou trois lignes d'épaiſſeur peut plier d'environ un pouce par pied. *Vol.* VII, 263.

VERRE d'une très-grande tranſparence. *Vol.* VII, 282 *& ſuiv.* Comparaiſon de la tranſparence de ce verre avec la tranſparence des glaces de Saint-Gobin. *Ibid.* 283. Compoſition de ce verre. *Ibid.* Difficulté de fondre le verre en grande maſſe épaiſſe. *Ibid.* 285 *& ſuiv.*

VERGE *de fer crénelée.* Sa fabrication & ſon uſage. *Vol.* VII, 75.

VÎTESSE *de la lumière* (la) eſt la plus grande qui nous ſoit connue, car la lumière fait 20 mille lieues en une ſeconde. *Vol.* VI, 22 *& ſuiv.*

VÎTESSE *des planètes & des comètes* (la) eſt auſſi très-grande. *Vol.* VI, 22.

VITRESCIBLE. Matières vitreſcibles ſuivent dans leur refroidiſſement l'ordre de la denſité. *Vol.* VI, 417.

VITRIFIABLE. Matières vitrifiables; origine & gradation du giſſement & de la formation des matières vitrifiables. *Vol.* VI, 173.

FIN de la Table des Matières.

FAUTES à corriger.

TOME VI, page 59, ligne 22, quantité; *lisez* qualité.

Tome VI, page 132, lignes 5, 6, 7, 8, 9, 10 & 11, la ſomme de cette chaleur priſe pendant l'année entière & pendant grand nombre d'années de ſuite, eſt trois cents ou quatre cents fois plus grande que la ſomme de la chaleur qui nous vient du Soleil pendant le même temps; *lisez,* que cette chaleur obſervée pendant un grand nombre d'années de ſuite, eſt trois ou quatre cents fois plus grande en hiver, & vingt-neuf fois plus grande en été dans notre climat que la chaleur qui nous vient du Soleil.

Tome VI, page 136, ligne 23, contient; *lisez* contiendroit.

Tome VI, page 145, ligne 21, perd ſon volume; *lisez* perd de ſon volume.

Tome VI, page 172, ligne 6, après ces mots, dans la formation; *ajoutez* des minéraux, il faut d'abord remonter à l'origine de la formation, &c.

Tome VII, page 96, ligne 6, ſenſibles; *lisez* inſenſibles.